



Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

**AVALIAÇÃO ECONÓMICA E AMBIENTAL DE UM PROCESSO DE REDUÇÃO
DE ACIDEZ DE GORDURAS ANIMAIS**

FÁBIO ALCIDES OLIVEIRA PINTO

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Realizado em parceria com a Savinor UTS



Orientadores académicos:

Doutora Teresa Margarida Correia de Poço Mata (Investigadora Auxiliar)
Doutor António Augusto Areosa Martins (Investigador Pós-Doutoramento)

Departamento de Engenharia Química

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Junho, 2016

*“Algo só é impossível até que alguém duvide
e resolva provar ao contrário.”*

- Albert Einstein

Agradecimentos

Começo por agradecer à empresa Savinor UTS e à Soja de Portugal pela participação ativa e toda a colaboração prestada no projeto em que este trabalho se enquadra. Um especial agradecimento à Doutora Elisabete Matos, mas também ao Doutor Nuno Medina e à Engenheira Rita América por toda a disponibilidade apresentada para o esclarecimento de dúvidas e fornecimento de informação essencial relativa à Savinor UTS, para a realização do trabalho.

Um agradecimento sincero aos meus orientadores, nomeadamente à Doutora Teresa Mata e ao Doutor António Martins, por todas as indicações e conselhos transmitidos, e também por toda a simpatia e atenção prestada. Agradeço ainda à Doutora Nídia Caetano pela sua simpatia e participação ativa neste projeto.

Por este ser um trabalho que marca o fim de uma etapa, quero agradecer também a todos os meus amigos que me acompanharam neste caminho, por vezes íngreme e escorregadio, e que com eles se tornou mais fácil seguir em frente. Por todas as vivências, partilhas de conhecimentos, angústias e vitórias, o meu profundo obrigado.

Por último, mas mais importante, à minha família e namorada, por estarem sempre presentes em todas as etapas da minha vida, por me terem acompanhado sempre e apoiado a tomar as decisões mais difíceis, mas de que me orgulho.

Este trabalho foi financiado pelo Projecto PP-IJUP2014-SOJA DE PORTUGAL financiado pela empresa Soja de Portugal SGPS e pelo Projeto POCI-01-0145-FEDER-006939 - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia - LEPABE - financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia I.P.



Resumo

A produção de subprodutos animais tem vindo a aumentar devido ao crescimento populacional. Assim, surge a necessidade de criar valor comercial para este tipo de subprodutos transformando-os em matéria-prima para outra indústria. Deste modo, são criadas oportunidades de negócio e cultivada a sustentabilidade económica e ambiental.

Neste sentido, este trabalho pretende estudar a rentabilidade do tratamento de redução da acidez por via de um processo de esterificação enzimática, bem como determinar qual o impacte ambiental do mesmo em termos de pegada de carbono e pegada hídrica, a fim de perceber a sua viabilidade quando aplicado à escala industrial.

Para a análise de custos foram consideradas duas alternativas de enzimas: (1) *Lipozyme® CALB L* (para o óleo de peixe e gordura de mamíferos), *Novozym® 435* (para a gordura de aves), e (2) *Lipozyme® TL 100L* (para o óleo de peixe) e *Lecitase® Ultra* (para a gordura de mamíferos). Em ambos os casos foi obtido um custo operacional superior às receitas conseguidas com o novo processo. Foi por isso estimado o preço máximo que as enzimas deveriam ter para que fosse viável a aplicação do novo processo tendo-se obtido o preço de 9,75 €/kg para o caso do óleo de peixe e aproximadamente 1 €/kg para a gordura de mamíferos.

Foi ainda possível estimar o acréscimo no valor de venda do óleo ou gordura para que o seu tratamento fosse rentável, tendo-se obtido o valor de 3 % para o óleo de peixe e de 4 % para as duas gorduras (óleo de peixe e gordura de mamíferos).

Na análise de impacte ambiental foi obtida uma pegada de carbono de aproximadamente 602 t CO₂eq/ano para aplicação do novo processo, que representa cerca de 12 % das emissões estimadas para o processo existente na Savinor UTS. A pegada de água obtida para este processo foi de 261 073 m³ água/ano, que representa cerca de 6 % da pegada hídrica do processo base da Savinor.

Palavras-chave: Gordura animal, esterificação enzimática, análise económica, impacte ambiental, pegada de carbono, pegada hídrica.

Abstract

With the increase of animal by-products it arises the need to create business value for this type of by-products, turning it into raw material for a different industry. This way it is possible to create business opportunities and reclaim environmental and economical sustainability.

Therefore, this work examines the profitability of performing an acidity reduction of animal fats via an enzymatic esterification method for possible industrial application, and determines the environmental impact of that process in terms of its carbon and water footprints. Thus, this work allows to realize the viability of applying this treatment at industrial scale.

For the cost analysis of this process two alternatives were considered for the enzymatic catalysis using different enzymes: (1) Lipozyme® CALB L (for the fish oil and mammals fat), Novozym® 435 (for the poultry fat) in a first step, and (2) Lipozyme® TL 100L (fish oil) and Lecitase® Ultra (mammals fat) in another alternative. In both cases it was obtained an operational cost above to the treatment revenues.

The maximum enzyme cost which makes the treatment viable was estimated for the fish oil and mammals fat and it was obtained the values of 9,75 €/kg and 1 €/kg of enzyme, respectively.

Additionally, it was estimated the necessary increase in the sales value of the oil or fat so that the treatment was profitable, resulting in a value about 3 % for the fish oil and about 4 % for both fats (fish oil and mammalian fat).

In the environmental impact analysis it was obtained a carbon footprint (CF) of 602 t CO₂ eq/year, which represents about 12 % of the total emissions of the company primary process. The water footprint (WF) calculated for the new treatment is 261 073 m³ water/year, representing about 6 % of the WF obtained in the Savinor UTS primary process.

Keywords: *Animals fat, enzymatic esterification, economic analysis, environmental impact, carbon footprint, water footprint.*

Declaração

Fábio Alcides Oliveira Pinto declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

Fábio Alcides Oliveira Pinto, / /2016

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Apresentação do tema.....	1
1.2 Apresentação da Empresa.....	2
1.3 Contributos do Trabalho.....	3
1.4 Estrutura da dissertação	3
2. Contexto e Estado da Arte	5
2.1 Produção animal para alimentação e seus subprodutos	5
2.1.1 Gordura animal como matéria-prima.....	5
2.2 Reação de Esterificação química e enzimática	6
2.2.1 Esterificação química.....	6
2.2.2 Esterificação enzimática	7
2.2.3 Apresentação das enzimas em estudo.....	8
2.2.4 Ativação, desativação e reutilização de lipases	8
2.2.5 Aplicação industrial.....	10
2.3 Análise económica	11
2.3.1 Fundamento à tomada de decisão	11
2.3.2 Análise dos <i>cash flows</i>	13
2.3.3 Demonstração de resultados líquidos	15
2.4 Avaliação ambiental	15
2.4.1 Emissões Portugal 2020.....	15
2.4.2 Gases com efeito de estufa.....	17
2.4.3 Pegada de carbono.....	18
2.4.4 Pegada hídrica	20
3. Descrição Técnica	25
3.1 Métodos.....	25
3.1.1 Análise Financeira.....	25

3.1.2 Impacte Ambiental.....	33
3.2 Resultados e discussão.....	36
3.2.1 Análise Financeira.....	36
3.2.2 Impacte Ambiental.....	46
4. Conclusões.....	49
4.1 Objetivos Realizados.....	50
4.2 Limitações e Trabalho Futuro	50
4.3 Apreciação final	51
Referências	53
Anexos.....	59
A1 - Anexo 1 - Óleo de Peixe	59
A2 - Anexo 2 - Gordura de Aves.....	63
A3 - Anexo 3 - Gordura de Mamíferos.....	67

Lista de Figuras

Figura 2.1: Variação dos abates animais em Portugal (INE, 2014).....	5
Figura 2.2: Esterificação ácida, R ¹ representa uma cadeia carbónica hidrofóbica (Leão, 2009)	7
Figura 2.3: Evolução das emissões de CO ₂ em Portugal, 1990-2014. Em que LULUCF - land-use, land-use change and forestry representa o CO ₂ emitido pela ação humana no uso do solo, definição usada pelo secretariado das alterações climáticas das nações unidas (APA-a, 2016)	16
Figura 2.4: Evolução das emissões de CO ₂ mundial, 1900-2011 (Boden et al., 2015).....	17
Figura 3.1: Representação gráfica da fração de gordura tratada pelo novo processo e frações parciais por tipo de gordura.....	30
Figura 3.2: Variação do resultado líquido (RL) para o óleo de peixe e gordura de mamíferos...	41
Figura 3.3: Variação do payback period (PBP) do projeto com o preço das enzimas, para investimento com capital próprio (CC 12 %) e capital alheio (CC 10 %)	42
Figura 3.4: a) Variação do valor atual líquido (VAL) com o preço das enzimas, para investimento com capital próprio (CC 12 %) e capital alheio (CC 10 %). b) Taxa interna de retorno (TIR) para o óleo de peixe e para o conjunto óleo de peixe e gordura de mamíferos.....	43
Figura 3.5: Variação do resultado líquido (RL) do tratamento do óleo de peixe mais a gordura de mamíferos, e das mesmas em separado, com o aumento no preço de venda da gordura	44
Figura 3.6: a) TIR em função do acréscimo no preço de venda das gorduras tratadas. B) PBP relativo ao CC de 12% (capital próprio) para os mesmos tipos de tratamentos.....	44
Figura 3.7: Variação do RL em função da quantidade de gordura tratada para o óleo de peixe	45
Figura 3.8: Variação do custo da enzima Lipozyme® TL 100L com o preço de venda do óleo de peixe para a) RL de 2 000 e 4 000 €/ano e b) TIR de 15 % e 25 %.....	45

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Potencial de aquecimento global (PAG) dos principais GEE (APA-b, 2016; ERM, 2010)	17
Tabela 2.2: Valores de emissão de ETARs com tratamento aeróbio, adaptado de Suwanteeep (2010)	20
Tabela 3.1: Valores unitários usados na determinação dos custos operacionais	26
Tabela 3.2: Bonificação e desvalorização do preço de venda das gorduras processadas	28
Tabela 3.3: Razões mássicas enzima:gordura e álcool:AGL usadas e respetivas fontes	29
Tabela 3.4: Fatores de conversão energéticos (f_{energ}) e fatores de emissão ($f_{\text{emissão}}$) utilizados para cada fonte energética	34
Tabela 3.5: Quantidade de gordura animal processada pela Savinor UTS e quantidades tratadas	36
Tabela 3.6: Redução de acidez obtida <i>versus</i> razões mássicas enzima:gordura	37
Tabela 3.7: Custos e receitas inerentes ao processo de redução de acidez, considerando duas alternativas de enzimas estudadas	37
Tabela 3.8: Custos operacionais do processo de redução de acidez para cada tipo de gordura e respetivos resultados líquidos (RL), considerando as enzimas Lipozyme TL 100L e Lecitase Ultra	39
Tabela 3.9: Emissões de CO ₂ equivalente para as diferentes fases do novo processo e do processo base da Savinor UTS	46
Tabela 3.10: Consumo de água equivalente para as diferentes fases do novo processo e do processo base da Savinor UTS	47
Tabela A1.1: Produção de óleo de peixe em Janeiro e Fevereiro de 2015 pela Savinor UTS	59
Tabela A1.2: Produção de óleo de peixe em Março e Abril de 2015 pela Savinor UTS	60
Tabela A1.3: Produção de óleo de peixe em Maio e Junho de 2015 pela Savinor UTS	60
Tabela A1.4: Produção de óleo de peixe em Julho e Agosto de 2015 pela Savinor UTS	61
Tabela A1.5: Produção de óleo de peixe em Setembro e Outubro de 2015 pela Savinor UTS	61
Tabela A1.6: Produção de óleo de peixe em Novembro e Dezembro de 2015 pela Savinor UTS	62

Tabela A2.1: Produção de gordura de aves em Janeiro e Fevereiro de 2015 pela Savinor UTS	63
Tabela A2.2: Produção de gordura de aves em Março e Abril de 2015 pela Savinor UTS	64
Tabela A2.3: Produção de gordura de aves em Maio e Junho de 2015 pela Savinor UTS.....	64
Tabela A2.4: Produção de gordura de aves em Julho e Agosto de 2015 pela Savinor UTS	65
Tabela A2.5: Produção de gordura de aves em Setembro e Outubro de 2015 pela Savinor UTS	65
Tabela A2.6: Produção de gordura de aves em Novembro e Dezembro de 2015 pela Savinor UTS	66
Tabela A3.1: Produção de gordura de mamíferos em Janeiro e Fevereiro de 2015 pela Savinor UTS.....	67
Tabela A3.2: Produção de gordura de mamíferos em Março e Abril de 2015 pela Savinor UTS	68
Tabela A3.3: Produção de gordura de mamíferos em Maio e Junho de 2015 pela Savinor UTS	68
Tabela A3.4: Produção de gordura de mamíferos em Julho e Agosto de 2015 pela Savinor UTS	69
Tabela A3.5: Produção de gordura de mamíferos em Setembro e Outubro de 2015 pela Savinor UTS.....	69
Tabela A3.6: Produção de gordura de mamíferos em Novembro e Dezembro de 2015 pela Savinor UTS.....	70

Notação e Glossário

Índices

*	Variável de informação adicional à tabela
i	Índice ou contador de parâmetros nas equações
®	Marca registada

Lista de abreviaturas

R e R ¹	Cadeia carbónica hidrofóbica
R'	Cadeia carbónica hidrofóbica do álcool
Q	Caudal de poluente
C _{máx}	Concentração do poluente na água natural
C _{nat}	Concentração do poluente no local de emissão
t _c	Corporate tax rate
r _d	Cost of debt
r _e	Cost of equity
CO ₂	Dióxido de carbono
Dr.	Doutor
EE _{CO2}	Emissão específica de CO ₂
ET	Emissões totais
eq	Equivalente
f _{energ}	Fator de conversão energético
f _{emissão}	Fator de emissão
FE _{CO2i}	Fator de emissão de uma fonte de energia i
FP _{RRAA}	Fator de produção de RRAA
F _{mixi}	Fração do mix energético de uma fonte de energia i
g	Grama
°C	Grau Celsius
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre
HFCs	Hidrofluorcarbonetos
h	Hora
Inv	Investimento
i.e.	Isto é
kg	Quilograma
kWh	Kilowatt hora
L	Litro

m _{AGL}	Massa de AGL
Mt	Mega tonelada
CH ₄	Metano
m ³	Metro cúbico
mg	Miligrama
mL	Militro
min	Minuto
n.d.	Não disponível
N ₂ O	Óxido nitroso
O ₂	Oxigénio
PFCs	Perfluorocarbonetos
n	Períodos de atualização
p.ex	Por exemplo
PE _{RRAA}	Produção específica de RRAA
PT _{CO2}	Produção total de CO ₂
Tj	Terajoule
rpm	Rotações por minuto
t	Tonelada

Lista de Siglas

AGL	Ácidos gordos livres
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APDC	Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações
AD	Aumento de disponibilidades
AC	Aumentos de capital
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CF	Cash flow
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CE	Comissão Europeia
CC	Custo de capital
DL	Decreto de Lei
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
EBIT	Earning Before Interest and Taxes
EBITDA	Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
ERSE	Entidade reguladora dos serviços energéticos
EPA	Environmental Protection Agency
ERM	Environmental Resources Management

ETAR	Estação de tratamento de água residuais
ETA	Estação de tratamento de águas
EIB	European investment bank
GEE	Gases com efeito de estufa
GFN	Global Footprint Network
IRC	Imposto sobre o rendimento de pessoas coletivas
IA	Índice de acidez
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRR	Internal rate of return
ICF	Investimento em capital fixo
MVD	Market value of debt
MVE	Market value of equity
MAOTDR	Ministério do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional
NPL	Net present value
PBP	Payback period
PH	Pegada hídrica
PAG	Potencial de aquecimento global
RRAA	Resíduos radioativos de alta atividade
RL	Resultado Líquido
TIR	Taxa interna de rentabilidade
GHG	The Greenhouse Gas
VAL	Valor atual líquido
VF	Valor futuro
VLE	Valor limite de emissão
VFM	Variação em fundo de maneo
WFN	Water Footprint Network
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WBCSD	World Business Council on Sustainable Development
WHO	World Health Organization
WRI	World Resources Institute

1. Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do tema

O projeto PP-IJUP2014-Soja de Portugal, no qual este trabalho se enquadra, surge da problemática inerente ao tratamento de gorduras animais que é difícil e altamente dispendioso. Estes subprodutos são produzidos em grandes quantidades em unidades agroindustriais e por isso são atrativos economicamente uma vez que se encontram facilmente disponíveis sendo adquiridos a baixo custo, podendo assim ser usados como matéria-prima.

Assim, este projeto tem como objetivo a valorização de gorduras provenientes de subprodutos animais, pela redução do seu índice de acidez, através de um processo de esterificação enzimática e avaliação da sua viabilidade técnico-económica e ambiental.

Até à data foram estudados, em trabalhos anteriores, processos de redução de acidez de gordura de aves, mamíferos, e óleo de peixe.

Os trabalhos anteriormente realizados no âmbito deste projeto estudaram vários parâmetros que influenciam a eficiência da esterificação enzimática. Um desses parâmetros foi o tipo de enzima usada como catalisador da esterificação, para a qual foram testadas as seguintes enzimas: *Lipozyme® RM IM*, *Lipozyme® CALB L*, *Lipozyme® TL 100L*, *Palatase® 20000L*, *Lecitase® Ultra* e *Novozym® 435*. Destas, as enzimas que se mostraram mais eficientes na redução do índice de acidez foram a *Novozym® 435*, para o caso de gordura de aves, a *Lipozyme® CALB L*, para o caso dos óleos de peixe e gordura de mamífero e ainda *Lipozyme® TL 100L* para o óleo de peixe. Em todos os casos o etanol foi o álcool que permitiu obter melhores resultados, sendo também menos tóxico do que outros álcoois, o que é uma vantagem uma vez que estes óleos e gorduras se destinam a ser utilizados em rações animais.

Este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade económica, bem como o impacto ambiental do processo de redução de acidez de gorduras animais através da esterificação enzimática, com vista à sua implementação à escala industrial. Assim, irá ser feita uma análise de custos e de *cash flows* de modo a estudar a rentabilidade da melhoria. Posteriormente, será feito um estudo de impacto ambiental no que diz respeito à pegada de carbono e pegada hídrica deste novo processo. Será feita também esta análise ao processo industrial já instalado na Savinor UTS no sentido de estabelecer uma relação entre eles.

1.2 Apresentação da Empresa

A Savinor SA (Sociedade Avícola do Norte SA) foi adquirida pelo Grupo Soja de Portugal em 2008. Presta serviços de recolha, tratamento e valorização de subprodutos de origem animal (peixes, aves e mamíferos). Como tal, para além de representar um contributo para a economia nacional, é indispensável para a qualidade da saúde pública na medida que transforma estes subprodutos dando-lhes um destino adequado e uma valorização económica. Deste modo, a Savinor desenvolve um atividade despoluidora de grande valor ambiental, na medida em que transforma um subproduto numa matéria-prima reduzindo a pressão sobre o meio ambiente que é um dos princípios base da ecoeficiência. Com uma área de negócio além-fronteiras, a Savinor UTS é responsável por mais de 250 pontos de recolha em Portugal e Espanha (Galiza).

Anualmente, a Savinor UTS processa cerca de 750 toneladas de subprodutos de peixe, 1900 toneladas de subprodutos de aves (maioritariamente frango, mas também peru, faisão, entre outras) e 1300 toneladas de subprodutos de mamíferos (sendo 70 % suíno e o restante ruminantes).

De entre as três categorias que existem para os subprodutos animais a empresa trata apenas os pertencentes às categorias 2 (impróprios para consumo humano, mas não constituem perigo para a saúde pública) e 3 (próprios para consumo humano). Os subprodutos pertencentes à categoria 1 (perigosos para a saúde pública p.ex: animais mortos por doença) têm de ser incinerados fora da empresa. Os subprodutos da categoria 2 são utilizados pela empresa para produção de biodiesel, adubos e fertilizantes. Por sua vez, os pertencentes à categoria 3 são utilizados para a produção de farinha e gordura de aves, mamíferos e peixe e ainda farinha de penas. Estes subprodutos derivam de matadouros, talhos e hipermercados.

Na Savinor UTS existe 4 unidades distintas: uma unidade de produção de óleo e farinha de peixe, uma para produção de gordura e farinha para subprodutos de mamíferos, outra para a produção de gordura e farinha de aves e uma unidade de produção de farinha de penas.

A Savinor UTS tem ainda uma enorme responsabilidade social e preocupação ambiental e como tal desenvolve ações de comunicação, responsabilização e educação ambiental a nível local junto da comunidade escolar e da população em geral. Neste sentido, em 2009 a Savinor tomou a iniciativa de assinar um contrato de conformidade ambiental no sentido de resolver os

problemas do tratamento de águas residuais da empresa e da freguesia da área envolvente. Assim, em 2014 assinou um adiantamento a esse contrato em conjunto com a Câmara Municipal da Trofa, a Agência Portuguesa do Ambiente, as Águas do Noroeste e a Trofáguas assumindo um investimento de 1,5 milhões de euros para a construção de uma ETAR, permitindo assim minimizar as externalidades causadas pela atividade da empresa.

1.3 Contributos do Trabalho

Na busca de constante inovação tecnológica e responsabilidade ambiental, o Grupo Soja de Portugal tem vindo a colaborar com as faculdades no sentido de manter uma constante atualização dos seus processos produtivos e encontrar as melhores oportunidades de negócio.

Este projeto pretende estudar o potencial de melhoria no processamento de subprodutos de origem animal, nomeadamente através da redução de acidez na gordura. A acidez da gordura reflete a qualidade da mesma. Assim, quanto menor a acidez da gordura, maior é a sua qualidade e o seu valor económico.

Assim, este trabalho pretende estudar a rentabilidade do tratamento de redução da acidez por via de um processo de esterificação enzimática a fim de perceber a sua viabilidade quando aplicado à escala industrial. Uma vez que a viabilidade técnica foi comprovada a nível laboratorial, pretende-se agora com este trabalho perceber quais os fatores relevantes à viabilidade financeira deste novo processo. Neste sentido, o presente trabalho de investigação apresenta uma importante ferramenta de decisão para o investimento num novo processo.

Uma vez que as preocupações ambientais são uma prioridade para a empresa e assumem um papel de destaque na tomada de decisão da mesma, neste trabalho consta ainda uma análise de impacto ambiental relativa à pegada de carbono e pegada hídrica desta nova aplicação.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente documento foi elaborado no sentido de proporcionar ao leitor um entendimento organizado e sequencial, e está dividido em quatro secções.

Na primeira secção, na qual este subtópico se enquadra, é feita uma apresentação do projeto, da empresa, bem como um enquadramento e explicação dos objetivos deste trabalho de investigação realizado.

A secção seguinte visa fazer uma revisão bibliográfica e servir como uma base teórica relativamente a temas basilares para a compreensão do âmbito do propósito central da dissertação.

A terceira secção está dividida em duas partes. Primeiramente é feita uma descrição metodológica das considerações assumidas no tratamento dos dados, bem como uma exposição pormenorizada de todos os métodos de cálculo. Por sua vez, na segunda parte desta secção, são apresentados todos os resultados obtidos juntamente com uma discussão dos mesmos relativamente ao objetivo do trabalho.

Por fim, na quarta e última parte deste trabalho são apresentadas as principais conclusões relativamente aos resultados obtidos, algumas recomendações para futuros trabalhos neste domínio bem como uma opinião acerca do sucesso deste trabalho.

2. Contexto e Estado da Arte

2.1 Produção animal para alimentação e seus subprodutos

A produção e comercialização de produtos provenientes de animais tem vindo a aumentar de forma acentuada nas últimas décadas. Este aumento deve-se ao aumento da população mundial. Até meados deste século prevê-se que a população mundial duplique, o que induz uma maior pressão sobre estes recursos principalmente devido à dieta ocidental que é baseada em cerca de 70 % nos produtos com origem animal (Pöppel, 2009; Portugal, 2000). Com vista a fazer face a esta crescente necessidade será necessário desenvolver novas tecnologias e encontrar novas estratégias produtivas. Nesse sentido, soluções tendo por base modificações genéticas, metabólicas e técnicas de reprodução são temas que têm vindo a ser estudados (Pöppel, 2009; Portugal, 2000).

Nos últimos anos em Portugal tem havido um ligeiro decréscimo no abate de animais (Figura 2.1a) tendo como resultado um decréscimo de miudezas (Figura 2.1b).

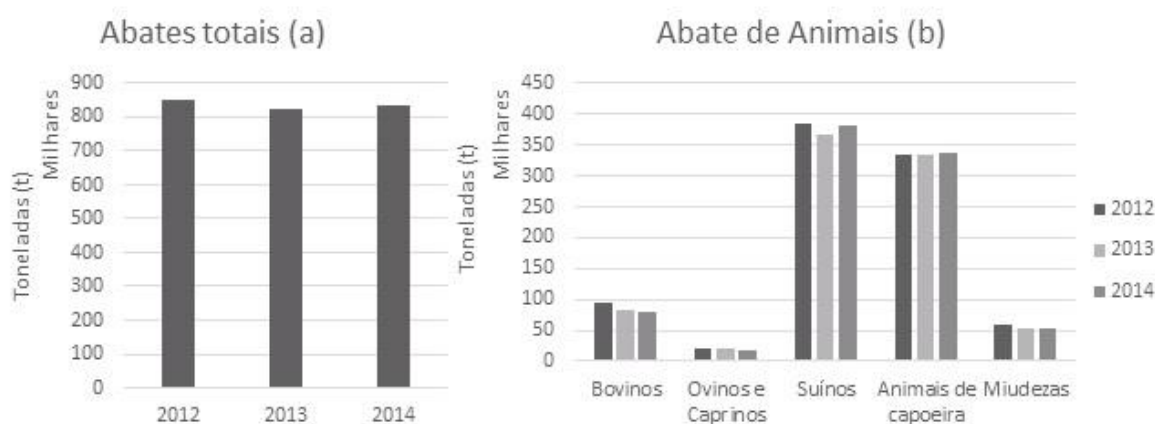


Figura 2.1: Variação dos abates animais em Portugal (INE, 2014).

Apesar do decréscimo generalizado no abate animal, aproximadamente 2 % de 2012 para 2014, no caso dos suínos e dos animais de capoeira houve um pequeno aumento no seu abate. Isto resultou num ligeiro aumento de 2013 para 2014 no abate total, Figura 2.1a.

2.1.1 Gordura animal como matéria-prima

A industrialização da produção animal gera quantidades consideráveis de subprodutos que não têm valor para comercialização. Estes compostos podem ser pele, sangue, ossos, aparas de

carne, gordura, órgãos internos, entre outros. A descarga destes subprodutos não pode ser feita de forma indiscriminada, sendo necessários tratamentos que implicam elevados custos para o produtor, principalmente se estes forem em grande quantidade. Assim, surge a necessidade de criar valor comercial para este tipo de subprodutos transformando-os em matéria-prima para outra indústria (Toldrá *et al.*, 2012).

O processamento dos subprodutos de origem animal pode ser utilizado para alimentação humana, rações animais, indústria farmacêutica, fertilizantes e para a produção de biodiesel. Contudo, a sua utilização nem sempre é fácil de ser adaptada por dificuldades técnicas ou económicas (Toldrá *et al.*, 2012).

Este tipo de interação entre os vários ramos da indústria cria relações de sinergia entre empresas e abre o caminho para o desenvolvimento tecnológico e exploração de novos mercados. Para além das vantagens económicas, cultiva ainda a sustentabilidade económica e ambiental. Transformar o que poderia ser um resíduo numa matéria-prima permite a redução de material e energia por produto, permitindo assim reduzir a pressão sobre o meio ambiente, tanto no consumo de recursos como no espaço para deposição de resíduos. Este conceito de ecoeficiência tem de ser incentivado e implementado principalmente pelas indústrias, já que são grandes consumidoras de recursos (Colares e Matias, 2014).

2.2 Reação de Esterificação química e enzimática

2.2.1 Esterificação química

Existem dois tipos de reações de esterificação: a transesterificação (catalisador básico) e a esterificação (catalisador ácido ou enzimático). A esterificação enzimática utiliza como catalisador enzimas do tipo lipases (Tamayo *et al.*, 2012). A esterificação ácida foi descoberta em 1895 por Emil Fischer e pode ser observada na Figura 2.2. O grupo carbonilo do ácido gordo captura um ião de hidrogénio, tornando-o mais eletropositivo, o que facilita o ataque nucleofílico do álcool formando um intermediário tetraédrico. A transferência de um protão de um oxigénio para outro provoca a separação de uma molécula de água. Por fim, a perda de um protão gera o éster final (Tamayo *et al.*, 2012; Zeng *et al.*, 2011).

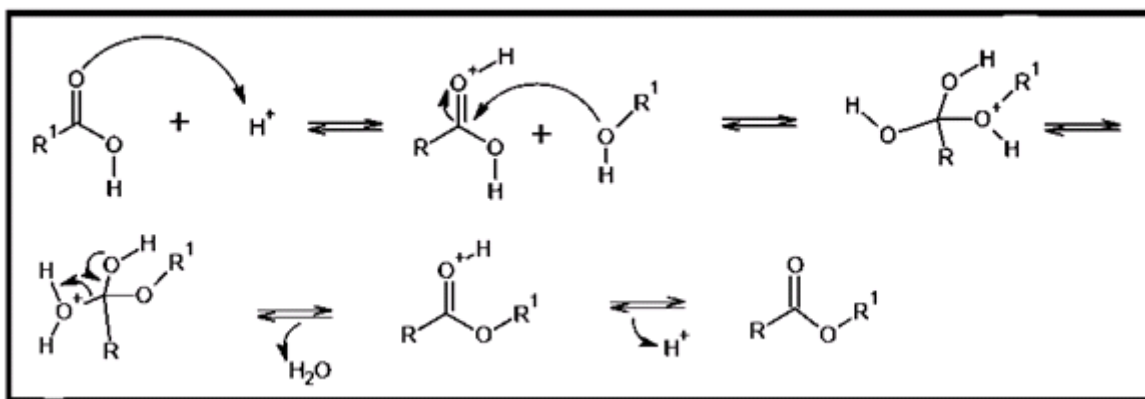


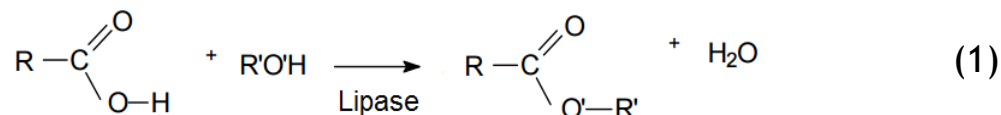
Figura 2.2: Esterificação ácida, R¹ representa uma cadeia carbónica hidrofóbica (Leão, 2009).

2.2.2 Esterificação enzimática

A utilização de enzimas como biocatalizadores em inúmeros processos tem sido alvo de muitos estudos principalmente na última década. Estes catalisadores biológicos são muito versáteis e facilitam vários tipos de reações orgânicas e como tal as suas propriedades são bastante atrativas (Dalla-Vecchia *et al.*, 2004; Richetti, 2009). Essas propriedades variam consoante a sua origem que pode ser bacteriológica, fúngica, vegetal e/ou animal (Richetti, 2009; Saxena *et al.*, 2003). Atualmente são conhecidas mais de 4000 enzimas em que cerca de 200 são usadas comercialmente (Richetti, 2009; Sharma *et al.*, 2001).

Como se verifica na Equação 1, a água é um subproduto da reação que é formado na mesma proporção molar do éster que é o produto desejado. Uma vez que se trata de uma reação de equilíbrio a formação de água inibe a formação de éster parando o processo. Deste modo, a água gerada é o parâmetro mais importante a ser controlado (Castro e Anderson, 1995).

No caso da Savinor UTS os níveis de água na gordura são baixos, uma vez que há a remoção da mesma no processamento da gordura. A presença de água na gordura favorece o aumento do índice de acidez, sendo por isso um importante fator a ter em conta. A reação de esterificação enzimática pode ser representada do seguinte modo (Equação 1):



Em que R representa uma cadeia carbónica hidrofóbica do ácido gordo e R' representa uma cadeia carbónica hidrofóbica do álcool (Richetti, 2009)

Na esterificação química pode resultar problemas de toxicidade, odores nocivos e corrosão do material proveniente do uso de ácidos fortes como catalisadores. Assim, a esterificação enzimática é uma alternativa realista uma vez que requer baixa energia e produz poucos

subprodutos sendo por isso considerado um processo ambientalmente mais favorável que o processo químico (Tan *et al.*, 2010). A imobilização da enzima possibilita ainda uma maior facilidade na separação do produto e permite a reutilização da enzima, viabilizando dessa forma a reprodução do processo à escala industrial (Mulalee, Sena e Phisalaphong, 2014).

2.2.3 Apresentação das enzimas em estudo

Novozim® 435 é uma lipase não específica imobilizada numa resina acrílica macroporosa, por isso tem uma forma granular. Tem origem na *Candida Antartica B* e é produzida por fermentação submersa de um fungo, *Aspergillus niger* geneticamente modificado, que é posteriormente adsorvido numa resina de macroporos. Segundo a *Sigma Life Science* esta enzima foi aprimorada para redução de resíduos (Sigma-Aldrich, 2016).

Lipozyme® RM IM é uma lipase 1,3 específica de *Mucor Miehei* (fungo) imobilizada em resina de troca iónica, a sua forma é granular e cor castanha (Sigma-Aldrich, 2016).

Lipozyme® CALB L é uma lipase com origem também num fungo, *Candida Antartica B*, e é uma solução aquosa. Esta enzima é uma lipase não específica e é estável numa gama elevada de pH, especialmente em pH alcalino (Novozymes, 2014).

Lecitase® Ultra é uma fosfolipase A líquida, fabricada pela Novozymes que tem origem num fungo, *Thermomyces Lanuginosus* (Sigma-Aldrich, 2016).

Lipozyme® TL 100L é uma lipase 1,3 específica de *Thermomyces Lanuginosus*. Esta enzima apresenta uma boa seletividade do substrato e já é usada para fins industriais (Novozymes, 2014).

Todas estas enzimas devem ser armazenadas a uma temperatura de 2 a 8 °C (Sigma-Aldrich, 2016).

2.2.4 Ativação, desativação e reutilização de lipases

Tal como nos trabalhos que foram desenvolvidos na primeira parte deste projeto, também Azócar *et al.* (2012) afirmaram que *Novozym® 435* é um catalisador robusto e estável quando comparado com outras lipases na presença de um álcool de cadeia curta.

A ativação das lipases envolve a reestruturação do sítio ativo da enzima, o que requer uma interface óleo-água (Azócar *et al.*, 2012). Porém, Ognjanovic *et al.* concluiu num estudo em 2009 que aparentemente a *Novozym® 435* contém água suficiente para manter a sua atividade catalítica não necessitando de água no meio. Azócar *et al.* (2012) refere ainda que o meio deve ser próximo de anidro para aumentar a eficiência desta enzima, pelo que a presença de água no meio diminui o rendimento da reação.

A perda de atividade da *Novozym*® 435 é provocada pela adsorção de componentes polares como é o caso de alguns álcoois, entre os quais o etanol (Azócar *et al.*, 2012). Esta perda na atividade da *Novozym*® 435 ocorre durante a esterificação de ácidos oleicos e tende a ser maior com o etanol do que com o metanol, num sistema sem solventes. Segundo Mulalee, Sena e Phisalaphong (2014) esta enzima pode ser reutilizada até 13 vezes permitindo uma conversão de óleo de fritura para biodiesel de pelo menos 90 %, quando utilizada nas condições ótimas. A presença de 4 - 5 % de água no álcool tem efeito significativo na reutilização da enzima. O aumento da temperatura de operação de 45 °C para 50 °C provocou um aumento do volume das enzimas principalmente quando é utilizado etanol como álcool. No estudo em causa foi verificado que esse aumento do volume da *Novozym*® 435 implicava uma redução na sua atividade catalítica.

Este trabalho demonstra que não existe apenas uma causa para a degradação da *Novozym*® 435 em contacto com o etanol (José, 2011).

Mulalee, Sena e Phisalaphong (2014) concluíram que a temperatura, tipo de álcool e presença de água afeta consideravelmente a reutilização da enzima.

José *et al.* (2011) estudaram várias formas de tratar a *Novozym*® 435 para ser reutilizada, reutilização sem tratamento (controlo), lavagem com acetona, lavagem com óleo de fritura e por fim com tert-butanol. Tanto as lavagens com óleo de fritura como com o tert-butanol revelaram ser soluções aceitáveis. Neste estudo a produção de biodiesel era feita a partir de óleo de fritura, logo a utilização deste óleo também para a lavagem da enzima sugere uma alternativa bastante prática e económica. Porém, os melhores resultados foram obtidos com o tert-butanol.

A utilização de tert-butanol como co-solvente num meio anidro para a produção de biodiesel utilizando esterificação enzimática com a *Novozym*® 435 também foi estudada por Azócar *et al.* em 2014. Neste estudo não foi verificada inativação da lipase, nos 30 ciclos de 4 horas cada, mesmo para altas concentrações de álcool. Também Qin Li *et al.* (2010) obtiveram os mesmos resultados para a *Novozym*® 435 e para a *Lipozyme*® TL-IM para 30 ciclos de 12 horas cada. Assim, o uso do tert-butanol como co-solvente num meio anidro pode ser a solução para a esterificação enzimática à escala industrial.

Dado que a reação de esterificação enzimática ocorre perto dos 50 °C, a recuperação do tert-butanol não revela ser um grave entrave à sua utilização uma vez que o seu ponto de ebulição é 82 °C (Azócar *et al.*, 2012).

Efeitos de desativação enzimática pelo etanol foram verificados também na *Lipozyme*® RM IM por Erika Aguiéiras *et al.* (2013). Concluíram ainda que a enzima é mais estável na reação com ácidos gordos puros.

Melgosa *et al.* (2015) estudaram o tratamento das enzimas livres *Palatase 20000 L* e *Lipozyme® CALB L* e das enzimas imobilizadas *Lipozyme® RM IM* e *Novozym® 435* com CO₂ supercrítico. Neste estudo o tratamento consistia em injetar CO₂ supercrítico em reatores de alta pressão. Verificaram que havia redução de atividade de todas as enzimas devido a alterações estruturais. Segundo este estudo, as propriedades supercríticas do CO₂ melhoram o desempenho da reação. No entanto, para que seja possível a separação dos produtos é necessário adicionar separadores ao processo. Laudani *et al.* (2007) estudaram o tratamento de enzimas imobilizadas, nomeadamente a *Lipozyme® RM IM*. Neste caso, a esterificação ocorria normalmente fazendo o substrato passar pelo biocatalizador durante ciclos de 7 h. De seguida as enzimas eram lavadas durante 1 h com CO₂ supercrítico. Durante a noite não havia reação. As enzimas não foram trocadas durante 50 ciclos. A enzima permaneceu estável durante um mês e meio sem significativa perda de produtividade. Afirmam ainda que a lavagem com CO₂ supercrítico permitiu manter a água da enzima no valor ótimo termodinâmico permitindo assim manter a performance da mesma.

Basri *et al.* (2013) estudaram o efeito da velocidade de agitação na reação de esterificação, e verificaram que a produtividade aumentava ligeiramente com o aumento na velocidade de agitação. Foi ainda estudada a reutilização das enzimas usando uma turbina de Rushton a 250 rpm. Nestas condições foi possível obter produtividades superiores a 60 % até à 5ª reutilização e superiores a 50 % até à 9ª reutilização. Segundo o que foi reportado, a diminuição no rendimento da enzima pode ser justificada em parte pelo desgaste provocado pela agitação na resina de imobilização da enzima, provocando dessa forma uma perda de atividade.

2.2.5 Aplicação industrial

Como foi abordado no subtópico anterior a possibilidade do uso de lipases a nível industrial é real desde que existam condições que permitam a sua atividade. Outro aspeto a ter em conta é o reator que será usado.

Aquando do estudo inicial, na fase laboratorial, é típico utilizar uma reação tipo *batch*. Como afirmam Lukovic *et al.* (2011) até à data não existe informação suficiente em *scale up*, ou seja, na passagem do método experimental em laboratório para o processo industrial. Porém, refere que os reatores que são frequentemente usados para processos enzimáticos de grande escala são reatores de leito fixo. Este tipo de reatores permitem a imobilização de enzimas sem que estas sofram um elevado desgaste. Para além disto, são ideais para processos contínuos permitindo uma elevada eficiência. Este tipo de reator tem vantagens relativamente ao reator de leito fluidizado ou com agitação uma vez que permite uma maior conversão por peso de catalisador (Lukovic, 2011).

Chen *et al.* (2009) consideram como parâmetros principais para a eficiência da reação o fluxo e a quantidade de catalisador presente no reator. Concluíram ainda que com um fluxo baixo, o álcool está mais tempo em contacto com a enzima havendo assim maior inibição e por conseguinte menor conversão pela enzima. Adicionalmente, um fluxo elevado faz com que o tempo de contacto entre a lipase e o substrato seja menor o que contribui também para a diminuição da conversão. Deste modo, tem de ser estudado qual o fluxo ideal de modo a maximizar a eficiência da enzima. Chen *et al.* (2009) estudaram este tipo de reator para a produção de biodiesel utilizando hexano como álcool e óleo de fritar como substrato. Os resultados ótimos de reação foram 25:15:10:100 em massa de lipase, hexano, água e óleo de fritar, respetivamente. A temperatura ótima foi de 45 °C, o fluxo de 1,2 ml/min, e obteve-se um rendimento de 91,08 % que passou a 76,74 % ao fim de 100 horas. As causas para esta redução foram a formação de glicerol e o efeito do metanol na enzima.

De acordo com o estudo realizado por Fjerbaek *et al.* (2008) o reator de leito fixo não deve ser utilizado para enzimas solúveis, ou seja, não imobilizadas. A razão para esta conclusão está na diminuição do transporte de massa para o caso destas enzimas.

Ognjanovic *et al.* (2009) estudaram a eficiência de um reator de leito fixo para a produção de biodiesel baseado nos melhores resultados conseguidos num reator tipo *batch*, ou seja, 3% em massa de enzima imobilizada - Novozym® 435, 12:1 de acetato de metilo em rácio de massa molar de óleo de girassol. Os resultados que obtiveram para o reator de leito fixo foram ligeiramente melhores que os obtidos no reator tipo *batch*. A conversão foi de 96,25 % em 8 horas e manteve-se nos 93.6 ± 3.75 % durante 8 ciclos, mesmo com excesso de acetato de metilo. Isto sugere que a enzima não perde atividade com o acetato de metilo.

2.3 Análise económica

2.3.1 Fundamento à tomada de decisão

A análise financeira, também chamada análise de custos, é uma ferramenta utilizada por diversos intervenientes tais como investidores, gestores ou o próprio Estado. Esta ferramenta tem muitas vezes um papel fundamental no apoio à tomada de decisão e na própria gestão das mais diversas organizações. (Neves, 2012)

Para além da análise financeira, pode ser feita uma análise económica que, ao contrário da primeira, tenta prever custos ou receitas que podem surgir como consequência direta do projeto mas que se devem a agentes alheios ao mercado do projeto. Estas consequências do projeto são por vezes muito difíceis de medir, mas podem surgir devido a publicidade do produto, campanhas de sensibilização, entre outros. (EIB, 2013)

Avaliações económicas completas são feitas raramente devido à sua complexidade e morosidade. Este tipo de análises só deve ser feita depois de um estudo que permita medir a sua utilidade (WHO, 2000).

De um ponto de vista de análise financeira de uma organização, as atividades podem ser simplificadas em fluxos de entrada e de saída. Nesta situação o papel do organismo interno de gestão financeira é tomar um conjunto de medidas que permitam que o fluxo de entrada seja igual ou superior ao fluxo de saída. Note-se porém que esta é uma abordagem simplificada, a gestão financeira implica decisões mais complexas como investimentos e políticas de financiamento (Cunha, 2013).

Para que possam ser tomadas decisões financeiras são necessárias inicialmente duas coisas: alternativas, para se poder optar, e um objetivo, pois a escolha de alternativas é trabalhosa e morosa e não seria feita sem que existisse uma meta. Contudo não basta ter alternativas, para que estas possam ser comparadas, têm de ser estimadas ou transformadas em valores monetários. Para além disto, para que a decisão seja tomada da melhor forma possível é necessário ter em conta vários fatores como: taxas, inflação e custo de capital. Assim, a análise pode ser mais ou menos complexa conforme a densidade de fatores considerados. No entanto, na realidade, por mais fatores que sejam estudados existe sempre um grau de incerteza devido à volatilidade económica dos dias de hoje. Ainda para mais, seria impossível considerar todas as alternativas possíveis (Lumby e Jones, 2011).

Lopes (2012) explica que a análise dos projetos de investimento permite aumentar as disponibilidades futuras através da utilização das presentes e avaliar a perda de oportunidade de mercado que deu origem a essas disponibilidades. Por outro lado, permite ainda controlar o investimento da organização evitando que esta se endivide, prejudicando a saúde financeira da empresa.

Do ponto de vista de gestão, a tomada de decisão pode ter objetivos diversos. Porém, no caso da análise de investimento o objetivo é aumentar a riqueza da empresa, dos seus donos ou dos acionistas. Nesta fase a pesquisa por alternativas é muito importante pois só assim se encontrará a alternativa que mais beneficiará o investimento (Lopes, 2012).

Este tipo de estudo pode ser adaptado para os casos em que as empresas ganham benefícios económicos que não se traduzem diretamente em riqueza, como o respeito e consideração dos seus clientes. Nestes casos pode-se fazer a mesma análise estimando esses benefícios em quantidades monetárias, chamados de *shadow prices* (HM Treasury, 2003).

Porém, nem sempre os benefícios económicos são o único critério de comparação entre projetos. Nestes casos a decisão pode ser auxiliada por uma análise multicritério. Numa primeira fase, todos os parâmetros que serão considerados na comparação são ponderados de

acordo com a sua importância. De seguida, são atribuídos valores, numa determinada escala a cada parâmetro de comparação de forma a avaliar cada projeto. No final, obtém-se um valor para cada projeto, que resulta da conjugação dos valores atribuídos e da ponderação para cada critério. Deste modo, escolhendo o maior valor obtido, é possível diferenciar os projetos e tomar a melhor decisão de acordo com os critérios considerados (Roldão, 2005).

Apesar do objetivo principal de qualquer investimento ser o lucro gerado por determinada decisão, a análise financeira é gerida pelos fluxos de capital. Segundo Lumby e Jones (2011) riqueza, valor e *cash flow* estão relacionados com o futuro, enquanto que o conceito de lucro está relacionado com o passado financeiro da empresa. Assim, não faz sentido tomar decisões futuras baseadas em acontecimentos passados. Acresce ainda que o dinheiro, e por conseguinte os fluxos de capital, têm o poder de adquirir recursos e gerar poder de compra. Deste modo, quando se fala da capacidade de investimento de uma empresa falamos dos fluxos de dinheiro e não do lucro que esta apresenta.

2.3.2 Análise dos *cash flows*

O essencial na análise financeira é a identificação dos custos e das receitas resultantes do projeto em avaliação. Isto resulta numa análise dos *cash flows*. A forma mais fácil de identificar as receitas é através da identificação dos produtos ou serviços resultantes do projeto, bem como subprodutos e resíduos que podem ser vendidos pela via normal do comércio de mercadorias. Por sua vez, os custos são os gastos necessários para que se possa realizar o projeto bem como todas as operações que dele resultem. Nestes últimos estão presentes custos de construção, transporte, teste de instalações e maquinaria, operação, matéria-prima entre outros (EIB, 2013).

O mapa de fluxos também chamado de análise de *cash flow* é um instrumento financeiro relativamente novo que passou a ser utilizado apenas nos anos 70, apesar de ter sido utilizado pela primeira vez em 1863 pela *Northern Central Railroad*. O termo *cash flow* tem sido mencionado de forma crescente por técnicos da área e é defendido como uma medida mais significativa em termos de análise financeira do que o resultado líquido. Porém, não deve ser utilizado como um substituto dos demais instrumentos financeiros mas sim como um complemento (Neves, 1991; Roldão, 2005).

Segundo Neves (1991) o *cash flow* pode ser definido como um balanço das disponibilidades entre duas datas. Através desta definição torna-se evidente que os *cash flows* por si só são insatisfatórios para perceber a situação económica da empresa ou a viabilidade de um projeto. Surge assim a necessidade da criação de um mapa de fluxos que explique a origem e a variação das disponibilidades.

As empresas no geral, estão em constante mudança e desenvolvimento, como tal têm muitos projetos que pretendem realizar de forma a melhorar as condições funcionais e aumentar a rentabilidade dos seus processos. Porém, regra geral têm recursos limitados pelo que não podem realizar todos os projetos e vêm-se obrigados a estabelecer critérios. Segundo Roldão (2005) as empresas têm essencialmente três formas para identificar os projetos que devem implementar. Uma forma é medir a consistência entre o projeto e os objetivos da empresa, outra seria hierarquizar utilizando uma seleção multicritério. Podem ainda ser utilizadas técnicas baseadas nos *cash flows*, valor líquido atual (VAL) e na taxa interna de rentabilidade (TIR).

A VAL é calculada usando o custo de capital como taxa de desconto, assim o projeto é considerado viável se a VAL for positiva. Já a TIR representa a taxa de lucro sobre o investimento que o projeto permite reaver no final do tempo de estudo do projeto, considerando os valores dos *cash flows* atualizados (EIB, 2013).

O cálculo dos *cash flows* pode ter duas abordagens, uma na ótica do empresário e outra na ótica do projeto. Na ótica do empresário interessa considerar apenas o capital próprio investido. Por outro lado, na ótica do projeto importa antes considerar a totalidade do investimento sem encargos financeiros (Roldão, 2005).

Assim, de acordo com a ótica do empresário ao resultado líquido são readicionadas as amortizações e subtraído o capital próprio. Caso as amortizações fossem consideradas como um custo a abater aos *cash flows* o investimento seria considerado duas vezes, uma vez que já estava considerado no resultado líquido.

Nas rubricas de *cash flows* são feitas algumas considerações que visam tornar o estudo mais realista e próximo à realidade. Desse modo, os preços utilizados podem ser valorizados ou admitidos como constantes ao longo da análise. A escolha da valorização que se utiliza pode depender do período de análise, do tipo de projeto e da própria economia em que o projeto se enquadra. Segundo Roldão (2005) a valorização pode ser feita de duas formas, a primeira, chamada de fluxos monetários, consiste na consideração da inflação generalizada e da diferencial, que considera as flutuações do mercado, custos de produção e tributação fiscal. Por sua vez, a segunda forma consiste na dedução a todos os preços da parcela constante imputável à inflação generalizada. Isto traduz-se num poder de compra equivalente ao que existe no momento em que se está a fazer o estudo. A inflação deve ser sempre considerada exceto nos casos em que a inflação prevista seja praticamente desprezável.

2.3.3 Demonstração de resultados líquidos

A demonstração de resultados líquidos resulta num documento de avaliação do desempenho económico da empresa num determinado período, e é resultado da síntese dos custos com as receitas da organização. Esta demonstração serve, de um modo geral, para avaliar a eficiência económica através da rendibilidade das vendas e dos capitais investidos (Neves, 1991).

Com esta demonstração pretende-se determinar o crescimento do capital da empresa baseando-se no histórico de resultados obtidos pela empresa. No entanto, note-se que aquando do cálculo do resultado líquido nem todas as operações representam efetivamente fluxos financeiros, como é o caso das amortizações ou vendas a crédito. Esta divergência entre a contabilidade e a técnica financeira obriga a um tratamento e adaptação da informação. Esta diferença é ainda mais nítida na análise de projetos de investimento em que a rendibilidade do projeto baseia-se apenas nos fluxos de caixa previsionais (Neves, 1991).

2.4 Avaliação ambiental

2.4.1 Emissões Portugal 2020

Desde a revolução industrial as emissões, principalmente gases com efeito de estufa (GEE), aumentaram de forma exponencial. Desde então, esse crescimento não tem parado a nível global, apesar dos esforços que têm vindo a ser feitos para travar de algum modo esse crescimento. O ano de 2016 fica marcado com a COP-21 (conferência do clima da ONU) que teve como objetivo assinalar um ponto de viragem no crescimento das emissões, principalmente de CO₂. Neste que é também chamado o acordo de Paris, os estados signatários assumiram o compromisso de reduzir as emissões de carbono e avançar para uma situação de emissões líquidas iguais a zero. De acordo com esse objetivo a União Europeia estabeleceu metas: até 2020 ter-se-á de reduzir 20 % as emissões de GEE relativo a 1990, 20 % da energia consumida terá de provir de energias renováveis e 20 % de aumento da eficiência energética (CE, 2016).

Relativamente a Portugal, tal como se verifica na Figura 2.3, deu-se um aumento bastante acentuado a partir de 1995 principalmente, atingindo o seu pico de carbono por volta de 2006 resultado do crescimento económico acelerado. A partir deste ano houve uma diminuição também bastante intensa levando a que em 2014 os valores de CO₂ emitidos voltassem aos níveis de 1990 resultado da forte crise económica.

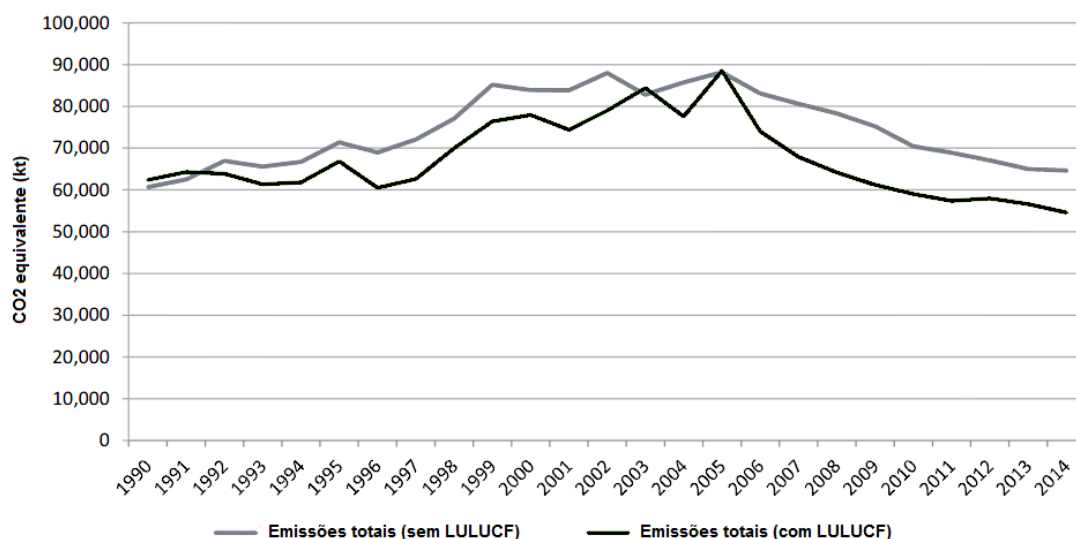


Figura 2.3: Evolução das emissões de CO₂ em Portugal, 1990-2014. Em que LULUCF - land-use, land-use change and forestry representa o CO₂ emitido pela ação humana no uso do solo, definição usada pelo secretariado das alterações climáticas das nações unidas (APA-a, 2016).

Apesar de Portugal estar bem encaminhado, segundo os dados da APA (Agência Portuguesa do Ambiente) para cumprir o objetivo para 2020, os objetivos são progressivos. A UE (União Europeia) tem como objetivo de longo prazo, até 2050, reduzir as emissões para valores compreendidos entre 80 % e 95 % em relação ao ano de 1990 (CE, 2016).

De todas as emissões, 70 % estão ligadas ao consumo de algum tipo de energia. Destes 70 %, a indústria e transportes representam 50 % e os consumos de energia elétrica representam 35 % (APDC, 2008).

A melhoria no panorama da produção de energia elétrica passa pela diminuição do consumo por parte dos utilizadores e pelo aumento da produção através de energias renováveis. Relativamente ao sector industrial, uma vez que este já se encontra ao abrigo da Diretiva 2003/87/CE que regula o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), não existe tanto espaço para melhoria. Porém, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética sugere quatro principais campos de otimização (APDC, 2008):

- Sistemas de motores elétricos, bombas e outros equipamentos industriais;
- Sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento, p.ex a utilização de cogeração ou outros sistemas de recuperação térmica;
- Sistemas de iluminação;
- Eficiência dos processos industriais, que inclui a monitorização, manutenção dos equipamentos e o tratamento de efluentes.

Relativamente ao setor dos transportes foi estimado um potencial de melhoria de 10 a 15 %. Apesar de só terem sido considerados os veículos de passageiros e comerciais, equivale a uma redução de 1 Mt CO₂ equivalente (APDC, 2008).

2.4.2 Gases com efeito de estufa

Os principais gases com efeito de estufa são o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e gases com fluor como os hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorocarbonetos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆) (EPA, 2016).

Como se observa na Tabela 2.1 o CO₂ é o que apresenta um potencial de aquecimento global (PAG) menor. Porém, de entre os GEE o CO₂ é o mais abordado, uma vez que é o que é emitido em maior quantidade, principalmente pelo uso de combustíveis fósseis. Assim, é usado como referência na medição do PAG.

Tabela 2.1: Potencial de aquecimento global (PAG) dos principais GEE (APA-b, 2016; ERM, 2010).

GEE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC-x	PFC-x
PAG	1	21	310	140 - 2800	7390 - 12200

A utilização de combustíveis fósseis e processos industriais representam cerca de 78 % de todas as emissões de gases de efeito de estufa. (EPA, 2016)

Como se pode verificar na Figura 2.4, houve uma aceleração do crescimento das emissões de CO₂ a meados do século XX, efeito da industrialização.

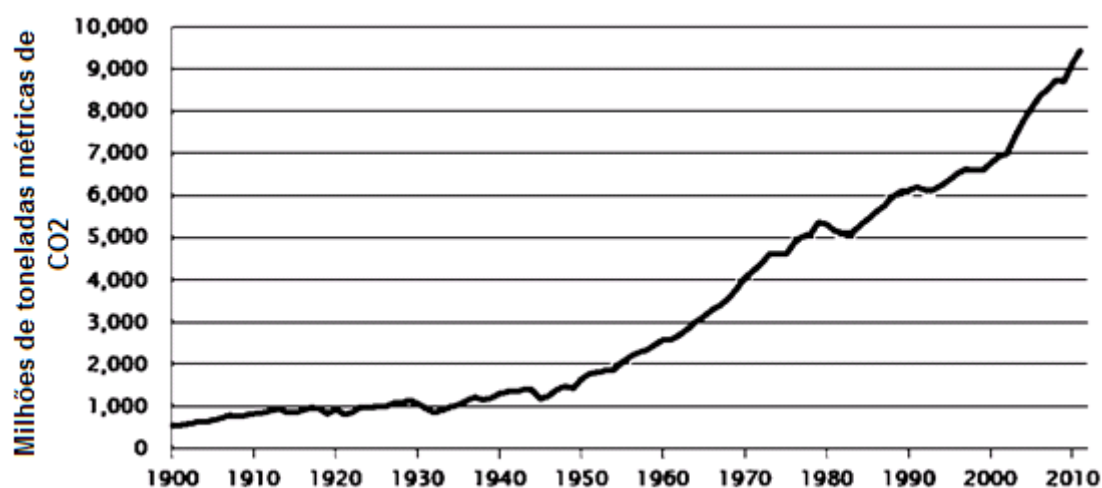


Figura 2.4: Evolução das emissões de CO₂ mundial, 1900-2011 (Boden et al., 2015).

Em 2011 o país que mais emitia CO₂ na queima de combustíveis fósseis era a China com 28 % do total de emissões globais, seguindo-se os Estados Unidos com 16 %. A Europa representava 10 % do CO₂ emitido (Boden *et al.*, 2015).

De forma a abastecer as necessidades de energia elétrica de um vasto número de pessoas, como o caso de um país, esta provém de diversas fontes. Essa informação é disponibilizada ao consumidor sob a forma percentual de cada uma destas fontes relativamente ao total de energia vendida pelo comercializador, designando-se de mix energético (ERSE, 2011).

As emissões que estão associadas à eletricidade que é produzida depende da eficiência da tecnologia que é utilizada, dos combustíveis fósseis que são utilizados no mix de geração bem como da percentagem de fontes renováveis que são utilizadas e têm por base as emissões específicas médias do ano anterior. Para além disto, são consideradas ainda aquisições de energia produzida em território espanhol. Considerando tudo isto, é possível estabelecer um fator de emissão de CO₂ que traduz a quantidade média de CO₂ por quantidade de energia elétrica (APDC, 2008; ERSE, 2011).

2.4.3 Pegada de carbono

A pegada de carbono é usada vulgarmente para quantificar a quantidade de carbono que é emitida por uma entidade ou atividade, geralmente apresentado em toneladas de CO₂ equivalente ao longo do seu ciclo de vida. Este termo pode ser confundido com a componente de carbono de uma pegada ecológica. No entanto, é bastante diferente, uma vez que esta última é representada em área, e representa o espaço de terreno e mar necessários para sequestrar uma determinada quantidade de carbono (GFN, 2016).

Existem várias metodologias de cálculo sendo que *The Greenhouse Gas (GHG) Protocol* é das mais utilizadas. Esta metodologia foi desenvolvida pelo *World Resources Institute (WRI)* e pelo *World Business Council on Sustainable Development (WBCSD)*. É possível através deste método usar ferramentas de cálculo de emissões. No entanto, estas ferramentas usam fatores de emissão padrão para cada país (WRI e WBCSD, 2000).

Outra metodologia também muito usada é a desenvolvida pelo DEFRA (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*). Este método utiliza fatores de emissão calculados para atividades desenvolvidas no Reino Unido, o que dificulta a sua utilização de uma forma mais alargada. Apesar disto esta metodologia pode ser adaptada usando fatores de emissão do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (DEFRA, 2009).

Segundo a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), são disponibilizadas ao consumidor informações sobre as emissões específicas de CO₂ do comercializador, relativas à energia consumida pelo utilizador presente na fatura e ainda a produção específicas de resíduos

radioativos de alta atividade (RRAA) produzidos pelo comercializador para obtenção da energia elétrica (ERSE, 2011).

As emissões específicas de CO₂ do comercializador podem ser obtidas pela Equação 2 (ERSE, 2011).

$$EE_{CO_2} = \sum_{\text{fonte de energia } i} FE_{CO_2i} \times Fmix_i \quad (2)$$

Em que EE_{CO_2} são as emissões específicas de CO₂ em g/kWh, FE_{CO_2i} representa o fator de emissão de uma fonte de energia e $Fmix_i$ a fração do mix energético dessa fonte de energia.

Por sua vez a produção específica de RRAA em µg/kWh pode ser obtida através da Equação 3 (ERSE, 2011).

$$PE_{RRAA} = FP_{RRAA} \times F_{\text{energia nuclear mix}} \quad (3)$$

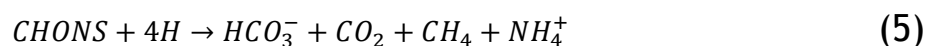
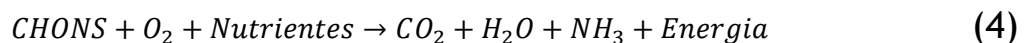
Em que FP_{RRAA} é o fator de produção de RRAA e $F_{\text{energia nuclear mix}}$ é a fração de energia nuclear no mix energético.

Relativamente a um processo industrial, para além das emissões resultantes do consumo de energia elétrica, existem também emissões resultantes do tratamento dos subprodutos como o caso da água do processo, e as emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa associados às matérias-primas usadas no mesmo. Nas várias etapas do tratamento da água, o processo biológico é o que contribui mais para as emissões de GEE (Suwanteep, 2010). Em relação à pegada de carbono das matérias-primas, os valores correspondentes podem ser obtidos a partir da literatura ou de bases de dados de inventário de ciclo de vida.

O processo de tratamento de uma ETAR (estação de tratamento de águas residuais) pode ser dividido em tratamento aeróbio e anaeróbio. A diferença é que o processo aeróbio necessita da adição de oxigénio, ou seja, os microrganismos que degradam os compostos orgânicos necessitam de oxigénio (Suwanteep, 2010).

Por outro lado, no tratamento anaeróbio os microrganismos em vez de usarem o oxigénio, utilizam os compostos orgânicos como aceptores de eletrões degradando estes compostos e produzindo metano. Este processo não é tão eficiente na redução da matéria orgânica sendo mais utilizado para a nitrificação.

Na prática estes dois processos resultam nas expressões a seguir mencionadas, sendo a Equação 4 e 5 representativas do processo aeróbio e anaeróbio, respetivamente (Suwanteep, 2010). Em que CHONS representa compostos orgânicos.



Suwanteep (2010) afirma que existem emissões aquando do processo de tratamento, principalmente no tratamento biológico. No entanto, também existem emissões indiretas que devem ser contabilizadas, tais como as emissões resultantes dos gastos energéticos, a degradação que ocorre sem ser no processo biológico e as emissões resultantes da transformação e acumulação de resíduos sólidos.

Tal como Suwanteep (2010) vários autores estudaram as emissões de GEE por sistemas de tratamento de efluentes líquidos. Na Tabela 2.2 estão presentes alguns desses autores e principais resultados:

Tabela 2.2: Valores de emissão de ETARs com tratamento aeróbio, adaptado de Suwanteep (2010).

Autor	Emissão em Kg CO ₂ eq/m ³	Tipo de ETAR
Bani Shahabadi <i>et al.</i> (2005)	2,69	ETAR Industrial, emissões diretas e indiretas
Keller and Hartley (2003)	0,44	ETAR Municipal, emissões diretas
Monteith <i>et al.</i> (2005)	0,228-0,245	ETAR Municipal, emissões diretas
Suwanteep (2010)	2,86	ETAR Industrial, emissões diretas e indiretas

2.4.4 Pegada hídrica

O conceito da pegada hídrica foi desenvolvido pelo Dr. Arjen Hoekstra em 2002. Esta pegada tal como a de carbono pretende medir o impacto que as atividades humanas provocam nos vários recursos naturais que constituem o ambiente. Desta forma, permite contabilizar a dependência da água de uma pessoa, atividade, empresa ou país, contribuindo para que cada um destes tome medidas responsáveis para a preservação do recurso natural mais valioso do nosso planeta (WFN, 2016).

No caso de um produto ou uma empresa, a pegada da água contabiliza de forma direta e indireta todos os usos da água ao longo de todo o processo produtivo segundo uma perspetiva de ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até ao transporte e processamento do produto final. Da mesma forma é possível calcular a pegada hídrica de um indivíduo através do seu uso direto de água e pelo seu consumo de produtos que por sua vez têm uma “quantidade de água virtual” (*virtual-water content*) associada (WFN, 2016).

A pegada hídrica pode ser definida como a quantidade total de água natural utilizada direta ou indiretamente para produzir um produto e o seu principal objetivo é perceber como é que as atividades antropogénicas e os seus produtos se relacionam com a escassez de água bem como a sua poluição. Neste sentido, esta ferramenta abre o caminho à adoção de produtos e processos mais sustentáveis relativamente ao uso da água (Hoekstra *et al.*, 2011).

Segundo o *Global Water Footprint* a pegada hídrica não é uma só medida, é dividida em três pegadas que dizem respeito a águas com diferentes origens. Neste sentido a pegada hídrica é subdividida em pegada hídrica azul, verde e cinzenta.

A pegada hídrica azul é um indicador de consumo da água azul, ou seja, da água natural captada na superfície ou em reservatórios subterrâneos (WFN, 2016).

Nesta pegada está incluída (Hoekstra *et al.*, 2011):

- A água que é evaporada, desde que é captada até ser libertada pelo utilizador;
- A água que é incorporada no produto;
- A água que não retorna ao mesmo ponto de captura, por exemplo, é captada no rio e é lançada no mar;
- A água que não regressa ao mesmo sítio no mesmo período, por exemplo, é recolhida na época seca e só regressa à mesma fonte numa época húmida.

Por outras palavras, a pegada hídrica azul mede a quantidade de água azul que está disponível e é consumida pelo ser humano. Na prática a água não é consumida porque ela continua no ciclo da água. Porém, isto não significa que a água natural seja um recurso limitado, uma vez que se transforma noutras formas que não têm a mesma utilidade para as atividades antropogénicas (Hoekstra *et al.*, 2011).

Hoekstra *et al.* (2011) referem que cada componente do cálculo da pegada hídrica azul pode ser obtido através de medição direta ou indireta. No entanto, nem sempre existem dados relativos à quantidade de água que é evaporada, por exemplo. Estes dados podem ser obtidos em bases de dados referentes aos consumos de água. Porém, estes dados são muitas vezes relativos a captações de água e não a consumos. Todavia, alguns desses dados podem ser obtidos em Gleick (1993) e Van der Leeden *et al.* (1990).

No caso da pegada da água azul, a reutilização da água usada no processo não provoca a diminuição da mesma, uma vez que o que conta é a água “consumida” no processo (Hoekstra *et al.*, 2011).

A pegada hídrica verde é definida como a quantidade de água resultante da precipitação que fica retida na zona de raiz e posteriormente evapora, é incorporada pela planta ou é transpirada pela planta. Esta subsecção da pegada da água tem uma importância mais acentuada para o caso da agricultura, produtos hortícolas ou florestais (WFN, 2016). Nesta pegada não é considerada a água de escorrência nem a que se infiltra e abastece os aquíferos (Hoekstra *et al.*, 2011).

Assim, a pegada de água verde representa a fração de água da chuva que foi “consumida” durante o processo produtivo. A equação 6 traduz o cálculo da mesma (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$PH_{verde} = \text{Água Verde}_{Evaporada} + \text{Água Verde}_{Incorporada} \quad (6)$$

A água evapotranspirada e absorvida pela planta podem ser calculadas usando expressões empíricas ou modelos relacionados com dados climatéricos do local, planta em causa e o solo (Hoekstra *et al.*, 2011).

Por fim, a pegada hídrica cinzenta tem como objetivo representar a quantidade de água que seria necessária para assimilar ou diluir determinados poluentes para valores de referência de qualidade da água natural original. Esta pegada não se refere apenas a emissões diretas para um recurso hídrico, mas também emissões indiretas como a lixiviação de um solo ou através de fontes difusas (WFN, 2016).

Como refere Hoekstra *et al.* (2011) é fácil perceber que esta fração da pegada hídrica permite ter ideia da extensão da poluição da água devido a um determinado uso ou processo.

Para o cálculo da pegada de água cinzenta são necessários parâmetros de referência relativos à água natural que são normalmente referidos na legislação nacional ou internacional. Tais parâmetros podem ser encontrados em MAOTDR (2009), na diretiva 2000/60/EC em EU (2000) ou na Legislação Portuguesa no DL nº 236/98.

Hoekstra *et al.* (2011) referem que a definição da pegada hídrica cinzenta pode levar à conclusão de que basta diluir a emissão, baixando a concentração do poluente, para baixar a pegada. No entanto, não é esse o conceito nem o objetivo desta pegada. Outra característica desta pegada é o facto de quando esta é maior que zero, não significa que existe violação do limite de referência do poluente. O que significa é que parte da capacidade assimilativa da água onde a descarga é feita foi consumido. Quando a pegada hídrica cinzenta é igual ao caudal do local de descarga significa que a capacidade assimilativa desse local está no limite.

No caso da pegada de água azul, a sustentabilidade da sua utilização é avaliada pela comparação da pegada com a água existente no local. Porém, para que a pegada de água cinzenta seja considerada sustentável esta tem de ser menor que o caudal de água no local de emissão, de forma a não esgotar a capacidade assimilativa da água para esse poluente (Morera *et al.*, 2016).

Uma ETAR permite reduzir a pegada hídrica cinzenta mesmo até zero. Porém, faz aumentar a pegada de água azul através da evaporação de água e pelo próprio processo de tratamento. De facto nos processos de tratamento de uma ETAR são usados químicos, energia elétrica, bem como os tratamentos de lamas que envolvem a utilização e/ou consumo de água e como tal têm de ser contabilizados indiretamente (Hoekstra *et al.*, 2011; Morera *et al.*, 2016).

Por sua vez, a pegada de água verde não é, por norma, considerada no tratamento de uma ETAR, uma vez que o processo não promove a evaporação de água do solo nem a sua incorporação ou transpiração pelas plantas (Morera *et al.*, 2016).

3. Descrição Técnica

3.1 Métodos

Nesta secção será feita uma descrição detalhada da análise financeira e ambiental para a melhoria desenvolvida para a Savinor UTS, com o objetivo de reduzir a acidez da gordura e óleo animal processado.

O novo processo a ser aplicado consiste na esterificação enzimática a uma temperatura máxima de 45 °C, uma vez que são usadas enzimas que não resistem a temperaturas muito superiores. O processo em causa requer ainda uma lavagem adicional da gordura tratada.

O objetivo pretendido com este novo processo é a redução da acidez da gordura e óleo animal processado na Savinor UTS para níveis que tragam benefício económico à empresa. Como tal, foi usada a quantidade de gordura e respetiva acidez diária relativas ao ano de 2015, dados estes, fornecidos pela empresa Savinor UTS. Estes valores foram usados como representativos de um ano típico de produção normal da empresa, usado como ano de referência neste trabalho, a fim de determinar todas as oportunidades de melhoria, ou seja, todos os níveis de acidez que causam perdas de receita na venda da gordura.

Pretende-se ainda com este trabalho, constatar o impacte ambiental desta melhoria relativamente à pegada de carbono e à pegada hídrica e fazer uma comparação com o processo já instalado, para ter uma noção relativa.

3.1.1 Análise Financeira

A análise financeira foi feita usando uma análise de custos e dos *cash flows*. Foi usada uma taxa de inflação de 1 % ao ano e um período de 15 anos como tempo de estudo para este projeto. Primeiro, começou-se por estimar o investimento previsto para o funcionamento do processo em estudo. Nesta etapa, foram considerados um reator de 5 m³ com camisa de aquecimento, um grupo de bombagem, tubagem DN 50 Aisi.304, válvulas flangeadas M/F, agitador, sistemas de controlo do processo e o custos de instalação.

Foi considerado o regime de amortizações relativo à indústria química, nomeadamente no sector de indústrias de “sabões, detergentes e óleos e gorduras animais ou vegetais não alimentares”. Deste modo, foram consideradas amortizações com uma taxa de 10 % do investimento ao longo de 10 anos, segundo o método das quotas decrescentes (AT, 2015).

Para que a avaliação do projeto fosse o mais completa possível foi necessário considerar todos os custos envolvidos. Foram por isso considerados o investimento, custos operacionais e custos de capital.

Nos custos operacionais considerou-se a manutenção dos equipamentos, o reagente (álcool) e catalisadores (enzimas), os custos com a água utilizada/resultante do processo e ainda os custos energéticos.

No caso dos custos associados à manutenção no processo em causa, esses dizem respeito apenas à limpeza dos depósitos de gordura. Para isso, foi considerado o custo de mão de obra de acordo com o tempo que a tarefa demora a ser feita. Segundo a Savinor UTS para a tarefa são necessárias duas pessoas de dois em dois meses, e a mesma tem a duração de aproximadamente uma hora. Para o cálculo deste custo foi considerado um salário de 550 €/mês, relativo a um período laboral de 8h/dia, 22 dias/mês.

Foram consideradas as enzimas *Lipozyme® CALB L*, *Novozym® 435*, *Lipozyme® TL 100L* e *Lecitase® Ultra*, como catalisadores, e o álcool (etanol) como reagente. Relativamente à água foram contabilizados os custos de operação da ETA e da ETAR associados à melhoria, nomeadamente à água que resulta da reação de esterificação e à água de lavagem da gordura. Já para a energia foram considerados os gastos energéticos do agitador necessário para facilitar a reação de esterificação enzimática bem como a utilização do tricanter e a produção de vapor extra para a aplicação da melhoria.

A Tabela 3.1 resume os principais valores de base considerados para a determinação dos custos operacionais do processo de redução de acidez utilizados na análise dos *cash flows*.

Tabela 3.1: Valores unitários usados na determinação dos custos operacionais.

Parâmetro	Valor	Unidade	Fonte
Manutenção: Limpeza	*18,75 €	€/ano	Savinor UTS
Energia			
Eletricidade	0,11 €	€/kWh	Savinor UTS
Vapor	15,67 €	€/t	
Água			
ETAR	2,50 €	€/m³	Savinor UTS
ETA	0,16 €	€/m³	
Reagente (etanol)	800,00 €	€/m³	Visater - Imp & Exp, Lda
Catalisador (enzimas)			
Novozym® 435	764,00 €	€/kg	(Zauba, 2016)
Lipozyme® CALB L	52,11 €	€/kg	
Lipozyme® TL 100L	15,00 €	€/kg	
Lecitase® Ultra	16,90 €	€/kg	

*Valor obtido através do custo de mão de obra (considerando 550 €/mês, 8h/dia, 22 dias/mês).

Ao contrário dos valores da tabela anterior o custo de capital não é um valor monetário. Este custo é estipulado pelo sistema bancário e considera as previsões de inflação, o custo atribuído às indisponibilidades e ainda o risco associado aos empréstimos. Este parâmetro que resulta numa taxa, é utilizado para o cálculo dos *cash flow* atualizados e deve ser entendido como um custo de oportunidade (Roldão, 2005).

Foram estudadas duas alternativas para o cálculo do custo de capital uma admitindo um empréstimo com um custo de capital alheio de 10 % e outra com um custo de capital próprio de 12 %. No caso do custo de capital alheio é deduzida a *corporate tax rate* (t_c) do ano de 2015 de 21 %, obtendo-se uma taxa WACC (*Weighted Average Cost Of Capital*, Equação 7) de 7,9 % (KPMG, 2016).

$$WACC = \frac{MVE}{MVD+MVE} \times r_e + \frac{MVD}{MVE+MVD} \times r_d \times (1 - t_c) \quad (7)$$

Em que MVE, MVD, r_e e r_d são *market value of equity*, *market value of debt*, *cost of equity* e *cost of debt*.

Uma vez que este trabalho se trata da aplicação de uma melhoria no sentido de tornar mais rentável um processo já existente na empresa, as receitas calculadas neste trabalho não dizem respeito ao total de gordura produzida mas apenas aos ganhos gerados pela gordura tratada. Neste sentido, foi feita uma análise diária da produtividade da empresa relativa ao ano de 2015. Esta análise teve como objetivo identificar em que dias os níveis de acidez foram ultrapassados e a respetiva quantidade de gordura produzida nesses dias.

Uma vez que os níveis de acidez pretendidos são diferentes para cada tipo de gordura (peixe, aves e mamíferos), esta análise foi feita em separado. Os níveis de acidez pretendidos foram definidos em função do preço de venda da gordura, ou seja, da respetiva valorização ou desbonificação.

No caso do óleo de peixe e da gordura de aves, o limite de acidez aceite pelo cliente, sem penalização no preço, é de 6 graus de ácidos gordos livres (AGL) ou % de acidez. Apenas no óleo de peixe existe uma bonificação de 10 % quando a acidez é inferior a 2 graus AGL (Tabela 3.2).

Por sua vez, na gordura de mamíferos o limite aceite pelo cliente sem desbonificação é de 5 graus AGL.

Para todas as gorduras, existe uma desbonificação de 2,5 % por cada grau acima do limite referido. Acima de 10 graus AGL essa desvalorização é de 40 %.

Na Tabela 3.2 é possível perceber melhor a valorização e desbonificação da venda das gorduras de acordo com a % de acidez.

Tabela 3.2: Bonificação e desvalorização do preço de venda das gorduras processadas.

Gordura	% Acidez	Preço (€/t) Savinor UTS*	Observação
Óleo de peixe	<2	1430 €	Bonificação de 10 %
	<6	1300 €	Limite aceite pelo cliente. Valor base para bonificação ou desbonificação.
	6-9,5	1280 €	Desbonificação de 2,5 % por cada grau AGL. Foi utilizado o valor da acidez média deste intervalo (6,62 graus AGL) para o cálculo da depreciação do preço.
	> 9,5	780 €	Desbonificação de 40 %
Gordura de aves	<6	600 €	Limite aceite pelo cliente. Valor base para bonificação ou desbonificação.
	6-9,5	589 €	Desbonificação de 2,5 % por cada grau AGL. Acidez média 8,28 graus AGL.
	> 9,5	360 €	Não foram encontrados graus AGL para este intervalo nos dados analisados, logo não foi aplicado.
Gordura de mamíferos	<5	600 €	Limite aceite pelo cliente. Valor base para bonificação ou desbonificação.
	5-9,5	583 €	Desbonificação de 2,5 % por cada grau AGL. Acidez média 6,92 graus de AGL.
	> 9,5	360 €	Desbonificação de 40 %

* A informação relativa ao preço de venda da gordura foi cedida pela Savinor UTS.

Em suma, para o óleo de peixe a acidez pretendida é preferencialmente abaixo de 2 graus AGL. Assim, assumiu-se que com a redução do índice de acidez (IA) obtida em trabalhos anteriores (superior a 70 %), era possível reduzir a acidez abaixo dos 6 graus AGL para o valor desejado, passando assim a ter a bonificação referida no momento de venda. Relativamente aos picos superiores a 6 graus AGL foi assumido que após o tratamento passariam a ter valores de IA inferiores a 6 graus AGL, deixando assim de ter penalização.

Após a identificação de todos os picos de acidez superiores a 6 graus de AGL, foram criados dois grupos com gamas diferentes de acidez: 6-9,5 graus AGL e superior a 9,5 graus AGL. Estes intervalos permitiram separar as diferentes penalizações, em particular 2,5 % para o intervalo 6-9,5 graus AGL (por cada grau de AGL) e 40 % quando superior a 9,5 graus AGL, respetivamente.

Neste sentido, as receitas geradas pelo novo processo (redução de acidez da gordura) foram calculadas usando as quantidades de gordura processada em cada intervalo segundo a informação já apresentada (Tabela 3.2). Deste modo, o valor correspondente às vendas que sofreram desbonificação foram subtraídas às receitas geradas pela venda dessa gordura sem sofrer desvalorização. Assim, obteve-se o benefício do tratamento em forma de receita.

A separação por intervalos permitiu ainda obter a acidez média para cada intervalo (6,62 e 9,87 graus AGL, para o caso do óleo de peixe), bem como a quantidade de gordura a tratar de cada

intervalo. Com a acidez média ($Acid_{média}$) e a quantidade de gordura a tratar de um intervalo (Tm_i) é possível obter a massa de AGL desse intervalo (Equação 8).

$$m_{AGL_i} = \frac{Acid_{média} \times Tm_i}{100} \quad (8)$$

A partir da massa de AGL e de gordura, é possível obter a quantidade de etanol e de enzima, considerando as razões mássicas álcool/AGL e enzima/gordura. Estas razões foram determinadas em trabalhos anteriores para cada tipo de gordura e óleo animal (Trovisco, 2016; Pinto, 2016; (Correia, 2016); Andrade, 2016).

A Tabela 3.3 reúne todas as razões usadas neste trabalho, para o cálculo da quantidade de enzima e álcool necessários.

Tabela 3.3: Razões mássicas enzima:gordura e álcool:AGL usadas e respetivas fontes.

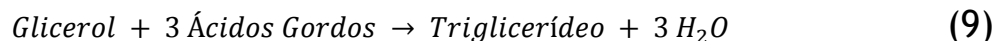
Enzima	Gordura	Enzima:gordura (m/m)	Álcool:AGL (m/m)	Fonte
<i>Novozym® 435</i>	Gordura de aves	0,024	1,60	(Trovisco, 2016)
<i>Lipozyme® CALB L</i>	Óleo de peixe	$4,5 \times 10^{-3}$	4,88	(Pinto, 2016)
	Gordura de mamíferos	0,100	1,63	(Andrade, 2016)
<i>Lipozyme® TL 100L</i>	Óleo de peixe	0,025	2,44	(Correia, 2016)
<i>Lecitase® Ultra</i>	Gordura de mamíferos	0,010	1,63	(Andrade, 2016)

Este procedimento foi feito de igual modo para as restantes gorduras, à exceção da gordura de mamíferos em que os intervalos de acidez considerados foram 5-9,5 e superior a 9,5 graus AGL, uma vez que o limite máximo aceite pelo cliente, sem penalização, é de 5 graus AGL.

O cálculo da quantidade de água foi feito em duas partes. Uma para a água utilizada na lavagem da gordura (proveniente da ETA da Savinor UTS) e outra para a água produzida na reação de esterificação (encaminhada para a ETAR da empresa). Para o cálculo da água de lavagem foi considerado 1/3 da fração de água de lavagem utilizada em laboratório (5 g gordura/100 mL água). Esta consideração foi feita uma vez que a lavagem é feita utilizando um tricanter, e como tal é mais eficiente do que a lavagem feita à escala laboratorial. Para o caso da lavagem foi considerada apenas a gordura utilizada no novo processo, no caso da água a tratar na ETAR foi considerada a água de lavagem e a água produzida pelo processo de esterificação.

O fundamento de cálculo para a determinação da quantidade de água gerada na reação de esterificação tem por base a Equação 9. Através do peso molecular dos ácidos gordos, do

glicerol e da água foi determinada a massa molecular do triglicerídeo. Com a quantidade de gordura obteve-se o número de moles de triglicerídeos e consequentemente de água.



A partir das quantidades de água envolvidas no processo foi possível, através dos valores apresentados na Tabela 3.1, calcular o custo de tratamento da água resultante da aplicação da melhoria bem como o custo de extração da mesma.

Por sua vez, os custos de energia foram calculados tendo por base informação fornecida pela empresa, à exceção dos custos de energia do agitador que seria um novo componente na empresa. Este custo foi obtido admitindo um agitador com uma potência de 460 W/m³ (Unicamp, 2009).

A fração de gordura tratada pelo novo processo corresponde ao quociente entre a quantidade total de gordura tratada e o total de gordura processada pela Savinor UTS no ano 2015. Assim, a quantidade de gordura tratada corresponde a 11,89 % da quantidade total de gordura processada. Assim sendo, considerou-se que haveria um aumento do consumo de energia pelo tricanter, devido à incorporação do novo processo. Deste modo, para obter o custo energético do tricanter utilizou-se o custo de energia elétrica (Tabela 3.1) para 11,89 % da energia consumida pelo tricanter no processo normal da Savinor UTS.

Relativamente ao custo com a produção de vapor foi considerada metade da fração de 11,89 %, uma vez que no processo atual da Savinor UTS são necessárias temperaturas até 100 °C, enquanto no caso do novo processo é necessário apenas temperaturas na ordem dos 40-45°C.

Como foi referido anteriormente, a fração de gordura tratada neste novo processo representa 11,89 % da gordura total processada pela Savinor UTS: 6,49 % diz respeito ao óleo de peixe, 3,96 % de gordura de aves e 1,43 % de gordura de mamíferos (Figura 3.1).

Nesta análise, para obter os custos de energia e de água para cada tipo de gordura, multiplicou-se os custos relativos ao total do processo de esterificação enzimática pela fração de gordura correspondente.

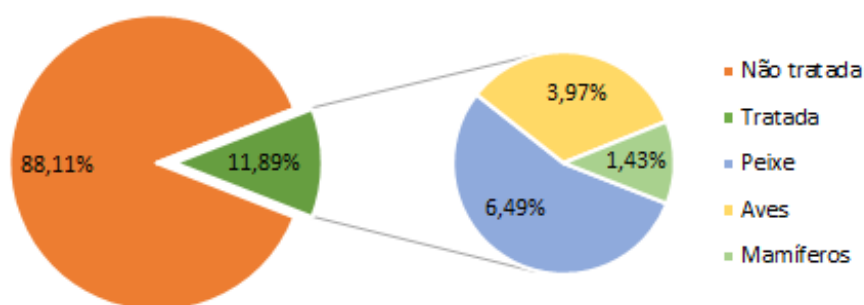


Figura 3.1: Representação gráfica da fração de gordura tratada pelo novo processo e frações parciais por tipo de gordura.

Para o caso do custo de manutenção e das amortizações, uma vez que não existe relação com a quantidade de gordura processada, foi simplesmente dividido o total obtido para o novo processo pelos três tipos de gordura.

O balanço dos custos com as receitas foi feito pelo cálculo do resultado líquido. A subtração das receitas com os custos permite a obtenção do EBITDA (*Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*). O EBIT (*Earning Before Interest and Taxes*) resulta da subtração das amortizações ao EBITDA. Nesta sequência o resultado líquido é obtido pela subtração dos impostos ao EBIT (taxa geral de derrama e imposto sobre o rendimento das pessoas coletivas ou IRC), considerando-se estes de 21 % de acordo com a *corporate tax rate* do ano de 2015 (KPMG, 2016).

Deste modo, a Equação 10 resume os elementos de cálculo para alcançar o resultado líquido (RL) do processo de redução de acidez.

$$RL = (Receitas - Custos Totais - Amortizações) \times (1 - Impostos) \quad (10)$$

Segue-se então a análise dos fluxos de tesouraria que pode ser subdividida numa parte relativa às origens monetárias e outra às aplicações financeiras.

O cálculo do *cash flow* relativo às origens monetárias (CF_{Or}) contabiliza o resultado líquido (RL), amortizações, variação em fundo de maneo (VFM), investimento em capital fixo (ICF) e outros ativos financeiros (Equação 11). Para o estudo em questão não foram considerados outros ativos financeiros nem VFM.

$$CF_{Or} = RL + Amortizações - VFM - ICF + Outros Ativos \quad (11)$$

Na Equação 12, para o *cash flow* relativo às aplicações financeiras (CF_{Ap}) entram as despesas financeiras deduzidas do imposto IRC, empréstimos contraídos a longo prazo, aumentos de capital (AC) e aumento de disponibilidades (AD). Foi admitido que não existiam empréstimos.

$$CF_{Ap} = Despesas Financeiras \times (1 - IRC) - Empréstimos - AC + AD \quad (12)$$

As despesas financeiras foram consideradas como sendo 5,5 % do total dos custos do processo e o AD resulta da subtração das despesas financeiras deduzidas do IRC e do aumento de capital ao CF_{Or} .

A Equação 13 representa a fórmula de cálculo para os *cash flows* atualizados, em que “VF”, “i” e “n” representam o valor futuro, o custo de capital e o número de períodos de atualização, respetivamente (Roldão, 2005).

$$CF_{Atualizado} = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (13)$$

Depois da atualização dos *cash flows* é possível o cálculo do valor atual líquido (VAL) também chamado *net present value* (NPL). Este resulta da subtração do investimento (*Inv*) ao somatório dos *cash flows* atualizados, como se pode ver na Equação 14.

$$VAL = \sum(CF_{Atualizado}) - Inv \quad (14)$$

Para que o projeto seja aceite o VAL deve ser positivo. No caso de comparação entre projetos cujo VAL seja em todos negativo, deve ser escolhido aquele em que o VAL seja maior, ou seja, mais próximo de zero (Roldão, 2005).

Para além do VAL é possível ainda calcular a taxa interna de rentabilidade (TIR), também chamada *internal rate of return* (IRR). Este parâmetro corresponde à taxa de juro que permite igualar o valor do investimento inicial relativamente aos *cash flows* (Roldão, 2005).

$$\sum \left[\frac{VF}{(1+i)^n} \right] - Inv = 0 \quad (15)$$

A expressão anterior pressupõe que o investimento é feito no ano zero, caso seja feito ao longo de vários períodos deve ser atualizado e acumulado. Ao contrário da taxa de juro que é constante, a TIR é calculada sucessivamente com o capital que resta. Pela análise da TIR são aceites os projetos que apresentarem uma taxa igual ou superior ao custo de capital. No caso de nenhum ser aceite, aceita-se aquele que apresentar a TIR mais elevada (Roldão, 2005).

O período de retorno do capital investido, também conhecido como *payback period* (PBP), é definido como o período de tempo, geralmente em anos, que é necessário para reaver o total do custo de investimento. A expressão matemática que traduz este conceito está representada na Equação 16 (Omran *et al.*, 2016).

$$PBP = \frac{\text{Custo de investimento}}{\text{Lucro anual}} \quad (16)$$

Uma vez que esta análise é baseada em previsões futuras, é falível, sendo necessário ter uma boa base de cálculo. Deste modo, informações como receitas e custos de exploração devem ser o mais precisas possível, para que se obtenham resultados o mais rigorosos quanto possível (Roldão, 2005). Deste modo, é importante definir os custos anuais e os resultados líquidos anuais. Os custos anuais podem ser divididos em fixos, como é o caso da manutenção, e variáveis, que englobam a matéria-prima, utilidades, salários entre outros. Por outro lado, os resultados líquidos anuais dizem respeito ao total das vendas, subtraídas de todos os custos anuais, depreciação e impostos (Omran *et al.*, 2016).

Ao longo de uma análise dos *cash flows* é importante ter espírito crítico uma vez que são considerados muitos fatores e são admitidas algumas variáveis. Surge assim a necessidade de fazer uma análise de sensibilidade que permita saber qual o efeito da variação de algumas

dessas variáveis. Este estudo permite perceber melhor o investimento e reajustar a análise de custos bem como definir novas alternativas para o projeto (Omran *et al.*, 2016).

Deste modo, foi feita uma análise de sensibilidade de forma a perceber melhor quais os custos com maior impacto e qual o tipo de gordura que apresentava melhor rentabilidade de tratamento.

Uma vez que o custo das enzimas revelou ser o custo mais expressivo e comprometia a rentabilidade da melhoria, foi feito um estudo para verificar qual o custo máximo que poderia ter a enzima para que se obtivesse um balanço positivo entre custos e receitas. Para isso foi calculada a receita que cada tipo de gordura proporcionava, e subtraiu-se todos os custos associados à aplicação do novo processo, amortizações e impostos, fazendo variar o preço das enzimas.

Deste modo, obteve-se o RL para cada tipo de gordura e com isso é possível obter o custo máximo das enzimas para o qual o resultado líquido é positivo.

3.1.2 Impacte Ambiental

Para o cálculo da pegada de carbono é necessário a contabilização das emissões de CO₂ equivalente resultantes da aplicação do novo processo.

A partir dos valores das emissões de CO₂ equivalente por unidade de energia fornecida pelo fornecedor de energia elétrica, é possível obter as emissões totais de CO₂ (ET_{CO_2}) relativas ao consumo de energia elétrica do utilizador pela Equação 17 (ERSE, 2011).

$$ET_{CO_2} = \text{Consumo faturado} \times EE_{CO_2} \quad (17)$$

Para isso foram utilizados valores relativos ao consumo de energia elétrica do tricanter multiplicado pela fração de gordura tratada (11,89 %) e a energia gasta pelo agitador. O fator de emissão usado foi 438,64 g CO₂ eq./kWh (EDP, 2016).

Para a obtenção das emissões de CO₂ produzidas pela ETAR, foi utilizado o fator de conversão 2,86 kg CO₂/m³. Este fator resulta da soma das emissões da ETAR relativas à eletricidade consumida (1,26 kg CO₂/m³), ao processo biológico (1,55 kg CO₂/m³), à degradação que continua a ocorrer depois do processo biológico (0,011 kg CO₂/m³) e ainda o transporte e deposição dos resíduos sólidos do processo de tratamento (0,037 kg CO₂/m³) (Suwanteep, 2010). Assim, foi considerada a água de lavagem necessária para a lavagem apenas da gordura tratada pelo novo processo, bem como a água resultante da reação de esterificação enzimática.

Foram calculadas ainda as emissões resultantes da produção de vapor. A empresa produz vapor utilizando três fontes diferentes: cogeração a gás natural e utilizando caldeiras a nafta e biomassa. Assim, através das quantidades anuais gastas de cada componente (kg/ano), fatores

energéticos (TJ/kg) e respetivos fatores de emissão (Tabela 3.4) é possível obter as emissões equivalentes de CO₂ (Equação 18).

$$ET_{vapor} = Quantidade \times f_{energ} \times f_{emiss\tilde{a}o} \quad (18)$$

Neste caso, as quantidades anuais de cada fonte energética utilizada pela Savinor UTS para a produção de vapor foram multiplicadas por metade de 11,89 %. Assim, considerou-se apenas o vapor utilizado para aquecer a gordura tratada, e que a temperatura a que é necessário aquecer é bastante menor, sendo no máximo 45 °C e não os 100 °C utilizados pela empresa.

Tabela 3.4: Fatores de conversão energéticos (f_{energ}) e fatores de emissão ($f_{emiss\tilde{a}o}$) utilizados para cada fonte energética.

Fonte energética	f_{energ} (GJ/kg)	$f_{emiss\tilde{a}o}$ (t CO ₂ /GJ)
Gás natural (cogeração)	(CTA, 2011) 0,0471	(IPCC, 1997) 17 200
Nafta	(IPCC, 1997) 0,0450	(IPCC, 2006) 73 300
Biomassa	(CTA, 2011) 0,0172	(IPCC, 1997) 29 900

As emissões correspondentes à produção do reagente (álcool), catalisadores (enzimas), do aço (reator) e relativas ao transporte, foram obtidas da literatura e da base de dados de inventário de ciclo de vida Ecolnvent 2.0. Foi utilizada a metodologia CML2001 para exprimir as emissões relativas ao ciclo de vida destes componentes em kg de CO₂ equivalente. A ferramenta de cálculo foi o Software Simapro V7.3. Assim, obtiveram-se os parâmetros 1,23 kg CO₂eq/kg etanol (produção de etanol), 1,8 kg CO₂eq/kg aço (produção do reator) e para o transporte 0,133 kg CO₂eq/(t.km). A distância considerada para o transporte das enzimas foi de 3000 km (Dinamarca), já para o etanol e para o reator foi 50 km.

O fator de emissão usado para a produção das enzimas foi 25 kg CO₂eq/kg enzima (Nielsen *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2009).

As emissões associadas à geração das gorduras a tratar não foram consideradas, uma vez que fazem parte do processo produtivo da Savinor UTS, devendo a contabilização deste fator ser incluída no cálculo da pegada de carbono do processo produtivo da Savinor, estando também fora do âmbito e da fronteira deste estudo.

Na lavagem dos vários tipos de gordura é consumida uma quantidade de água considerável, portanto decidiu-se analisar melhor a extensão desse consumo.

No processo industrial em causa, a pegada da água verde foi considerada como não relevante, uma vez que o processo não contribui para a absorção de água e/ou transpiração das plantas, nem da zona de raiz onde estas se encontram. Deste modo, para o cálculo da pegada hídrica foram considerados apenas a fração azul e cinzenta.

Para efeitos de cálculo da pegada hídrica azul foi utilizada a Equação 19 (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$PH_{Azul} = \text{Água Azul}_{Evaporada} + \text{Água Azul}_{Incorporada} + \text{Água Azul}_{Perdida} \quad (19)$$

Sendo que o último termo é referente à água que não retorna ao local de extração ou então retorna num período diferente.

A água perdida pode ser gasta indiretamente através de consumos energéticos do processo. Assim, para estimar esta quantidade de água foi utilizado um fator de conversão usado para estimar as quantidades médias de água utilizada para a produção de 1 kWh de energia elétrica. Segundo a base de dados Ecoinvent 3.0 são gastos 2,88 m³/kWh para processos de média voltagem em Espanha (Morera *et al.*, 2016). Assim, foram considerados os gastos energéticos do tricanter, da ETA, da ETAR (corrigidos para a fração de gordura tratada) e do agitador. Adicionalmente, à água perdida foi adicionada ainda a água extraída pela ETA necessária para a lavagem de gordura tratada.

A água incorporada foi considerada como sendo 3,68 % da água consumida na produção de energia elétrica da ETAR. Por sua vez, a água evaporada foi considerada como sendo 0,3 % da pegada de água total, segundo o que é referido na bibliografia (Morera *et al.*, 2016).

A Equação 20 permite perceber o método de cálculo da pegada cinzenta (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$PH_{cinzenta} = \frac{Q}{c_{m\acute{a}x} - c_{nat}} = \frac{Emiss\tilde{a}o \times c_{emiss\tilde{a}o} - Extra\tilde{c}\tilde{a}o \times c_{extra\tilde{c}\tilde{a}o}}{c_{m\acute{a}x} - c_{nat}} \quad (20)$$

Em que o caudal de poluente (Q, massa/tempo) é dividido pela diferença entre a concentração máxima de referência do poluente para a água natural (c_{máx}) e a concentração do poluente na água do local de emissão (c_{nat}, massa/volume). Isto significa que, para a mesma concentração de poluente podem existir duas pegadas de água cinzenta diferentes, dependendo do local. O segundo termo é utilizado caso já exista alguma concentração de poluente na extração de água (Hoekstra *et al.*, 2011).

A água emitida pela ETA da Savinor UTS tem uma concentração média de CBO (carência bioquímica de oxigénio) na gama de 8500-12750 mg O₂/L e o VLE é de 40 mg O₂/L (DL nº 236/98). Assim, foi considerada uma concentração média de 10000 mg O₂/L para a c_{emiss\tilde{a}o}. Por sua vez, a c_{extra\tilde{c}\tilde{a}o} não apresenta CBO. Para o c_{nat} foi considerado o limite de bom estado ecológico de 6 mg O₂/L (MAOTDR, 2009). O caudal de extração considerado foi a quantidade de água de lavagem da gordura para o novo processo, enquanto que para a emissão foi considerada a água tratada na ETAR relativamente a este processo.

De modo a poder ter uma relação entre a pegada de carbono e pegada hídrica do novo processo em estudo, foram também calculadas estas pegadas para o processo base da Savinor UTS. Para isso utilizaram-se todos os dados fornecidos pela Savinor sem as correções usadas para o processo de esterificação enzimática em estudo. Uma vez que a quantidade de água de lavagem

para toda a gordura processada não foi pedido à empresa, foi considerada uma razão de água de lavagem igual à usada para a gordura tratada pelo processo de esterificação, ou seja, para 5 g gordura/100 mL água.

3.2 Resultados e discussão

3.2.1 Análise Financeira

Neste subcapítulo serão apresentados os resultados obtidos tendo por base a metodologia apresentada na secção anterior.

De seguida, são apresentadas as quantidades de cada tipo de gordura animal estudadas (Tabela 3.5).

Tabela 3.5: Quantidades de gordura animal processada pela Savinor UTS e quantidades tratadas.

Gordura	Quantidade total Savinor UTS (t/ano)		Tratada no novo processo (t/ano)	
Óleo de peixe	730	19,08 %	248	6,49 %
Gordura de aves	1 843	48,17 %	152	3,96 %
Gordura de mamíferos	1 253	32,75 %	55	1,42 %
Total	3 826	100,00 %	455	11,89 %

Foram consideradas duas alternativas de tratamento usando dois grupos de enzimas:

- **1ª alternativa:** A enzima *Novozym® 435* para a gordura de aves e *Lipozyme® CALB L* para o óleo de peixe e mamíferos, que foram testadas em laboratório primeiramente. No entanto, estas enzimas revelaram ser bastante dispendiosas, principalmente a *Novozym® 435* que, tal como referido na secção anterior, tem um custo de 764 €/kg.
- **2ª alternativa:** Posteriormente, foram testadas a *Lipozyme® TL 100L* e a *Lecitase® Ultra*, por serem consideravelmente mais baratas. Porém, estas enzimas foram apenas testadas para o óleo de peixe e para a gordura de mamíferos. Apesar da *Lipozyme® TL 100L* apresentar reduções de acidez ligeiramente superiores no óleo de peixe, a *Lecitase® Ultra* apresenta resultados significativamente inferiores na redução do IA, comparativamente à *Lipozyme® CALB L* (Tabela 3.6).

Tabela 3.6: Redução de acidez obtida *versus* razões mássicas enzima:gordura.

Tipo de óleo ou gordura	Enzima	Razão (m/m) enzima:gordura	Percentagem de redução de acidez (Graus AGL)*
Óleo de peixe	<i>Lipozyme®CALB L</i>	0,0045	70 % (4,20)
	<i>Lipozyme® TL 100L</i>	0,0250	62 % (3,72)
Gordura de aves	<i>Novozym® 435</i>	0,0240	57 % (5,16)
Gordura de mamíferos	<i>Lipozyme® CALB L</i>	0,1000	68 % (7,10)
	<i>Lecitase® Ultra</i>	0,0100	10 % (1,04)

*Foram considerados os picos de maior grau AGL para obtenção da redução.

De forma a ter uma melhor comparação entre os custos e receitas foi feito um resumo das duas alternativas relativamente aos custos e receitas com a aplicação da melhoria (Tabela 3.7). Nesta tabela estão expressos o valor do investimento em equipamento e os custos operacionais. O total da 1ª e 2ª alternativas dizem respeito à soma do subtotal com o valor das respetivas enzimas. Na tabela são também apresentadas as receitas geradas em cada uma das alternativas, sendo que a única diferença é que na 2ª alternativa não é considerada a gordura de aves uma vez que as enzimas *Lipozyme TL 100L* e *Lecitase® Ultra* não foram testadas para essa gordura.

Tabela 3.7: Custos e receitas inerentes ao processo de redução de acidez, considerando duas alternativas de enzimas estudadas.

Custos	Valor (€/ano)
Investimento*	14 050,00
Manutenção	18,75
Energia:	
Tricanter	580,52
Agitador	1 603,01
Vapor	692,87
Água:	
ETA	1 491,52
ETAR	69,33
Reagente (etanol)	12 071,08
Subtotal custos	30 577,08
1ª alternativa de enzimas:	
<i>Novozym® 435</i>	556 036,14
<i>Lipozyme® CALB L</i>	344 940,65
Total custos 1ª alternativa	931 553,87
2ª alternativa de enzimas:	
<i>Lipozyme TL 100L</i>	93 139,50
<i>Lecitase Ultra</i>	9 240,92
Total custos 2ª alternativa **	132 957,50

Receitas (€/ano)	Valor (€/ano)
Tipo de gordura processada:	
Óleo de peixe (<2 % acidez)	62 565,10
Óleo de peixe (2-6 % acidez)	6 969,97
Gordura de aves (<6 % acidez)	1 686,49
Gordura mamíferos (<5 % acidez)	4 274,43
Total receitas 1ª alternativa	75 495,99
Óleo de peixe (<2 % acidez)	62 565,10
Óleo de peixe (2-6 % acidez)	6 969,97
Gordura mamíferos (<5 % acidez)	4 274,43
Total receitas 2ª alternativa**	73 809,50

*Considerou-se que o investimento é feito todo no primeiro ano.

**Não foi considerado o tratamento da gordura de aves, uma vez que as enzimas em causa não foram testadas para essa gordura.

Pelos valores apresentados na Tabela 3.7 verificámos que tanto na 1ª como na 2ª alternativa considerada, o total dos custos é consideravelmente maior que o ganho com as melhorias de redução de acidez. Esta diferença deve-se essencialmente ao custo dos catalisadores (enzimas) utilizados na esterificação enzimática. Mesmo apesar de na 2ª alternativa ter-se considerado as enzimas mais económicas, a redução nos custos não é suficiente para tornar a melhoria viável.

Uma vez demonstrada a importância do custo das enzimas pelas duas alternativas anteriores, foi feita uma análise que permitisse saber o custo máximo das enzimas que tornasse viável o novo processo. Neste sentido, começou-se por fazer uma análise de sensibilidade de modo a perceber qual a capacidade de melhoria para cada tipo de gordura. Assim, na Tabela 3.8 são apresentados os custos operacionais do processo de redução de acidez para cada tipo de gordura, bem como o resultado líquido entre os custos e as receitas. Nestes resultados foram consideradas as enzimas mais económicas da 2ª alternativa anteriormente descrita: *Lipozyme® TL 100L* (15 €/kg) e a *Lecitase® Ultra* (16,90 €/kg). Apesar destas enzimas não terem sido testadas no caso da gordura de aves, considerou-se nos valores da tabela, a receita que o tratamento gera independentemente da enzima, admitindo que é reduzida a acidez para o valor desejado (< 6 graus AGL). De notar que na tabela são apresentados dois resultados líquidos: um tendo em conta o custo das enzimas (RL com enzimas) e o outro não considerando as enzimas (RL sem enzimas).

Tabela 3.8: Custos operacionais do processo de redução de acidez para cada tipo de gordura e respetivos resultados líquidos (RL), considerando as enzimas *Lipozyme® TL 100L* e *Lecitase® Ultra*.

Custos operacionais	Óleo de peixe (€/ano)	Gordura de aves (€/ano)	Gordura de mamíferos (€/ano)
Água	852,53	520,63	187,69
Etanol	4 105,07	1 824,00	2 038,62
Energia	1 571,07	959,45	345,88
Manutenção	6,25	6,25	6,25
Total Custos	6 534,92	3 310,34	2 578,43
Amortizações	468,33	468,33	468,33
Impostos	1 372,33	695,17	541,47
Receitas	69 535,07	1 686,49	4 274,43
RL** (sem enzimas)	61 159,49	-2 787,35	686,19
Custo das enzimas	93 139,50	(n.d.)*	9 240,92
RL (com enzimas)	-31 980,01	(n.d.)*	-8 554,73

*n.d. = valor não disponível para a gordura de aves, uma vez as enzimas em causa, não foram testadas para esta gordura.

**RL = Resultado líquido no ano de referência 2015.

Os resultados da Tabela 3.8 permitem perceber que o óleo de peixe tem uma maior oportunidade de melhoria, apesar de ser o que apresenta uma menor expressão no processo da Savinor UTS em termos de quantidade (19,08 %) como mostra na Tabela 3.5. Note-se ainda que a razão álcool:AGL utilizada no caso do óleo de peixe é maior (2,44 m/m, em vez de 1,60 m/m e 1,63 m/m para o caso da gordura de aves e mamíferos, respetivamente). Assim, caso seja possível baixar esta razão para a mesma redução de AGL, é possível potenciar ainda mais a oportunidade de melhoria deste óleo em termos económicos. Relativamente à razão enzima:gordura, uma redução na mesma faria com que a quantidade de enzima a comprar fosse menor, resultando numa redução significativa dos custos com o tratamento.

Por outro lado, percebe-se que a gordura de aves resulta num RL (sem enzimas) negativo devido à reduzida receita gerada pela melhoria. A oportunidade de melhoria que esta gordura apresenta é bastante baixa uma vez que existem poucos picos na sua acidez, i.e. muito raramente ultrapassa os 6 % de acidez, abaixo dos quais o preço de venda é constante, e o valor do pico mais elevado ronda os 9 % de acidez, sem significativa penalização no preço de venda (Tabela 3.2). Assim, o ganho com o tratamento da gordura de aves é baixo uma vez que os picos de acidez ao longo do ano (2015) são muito poucos e com pequena penalização no preço de venda da gordura.

Por sua vez, a gordura de mamíferos apresenta um RL (sem enzimas) bastante reduzido. Neste caso, apesar da gordura tratada ser menor, os picos de acidez existentes, embora poucos, são mais elevados (entre os 10 e os 11 % de acidez), provocando uma maior penalização comercial,

correspondente a 40 % de desbonificação no preço de venda (Tabela 3.2). Isto resulta numa maior oportunidade de melhoria na aplicação do novo processo.

Esta diferença na oportunidade de melhoria entre o óleo de peixe e os outros dois tipos de gordura (aves e mamíferos) deve-se particularmente à existência da bonificação para a gordura vendida com grau de acidez inferior a 2 graus AGL para o caso do óleo de peixe. Neste caso, esta fração da melhoria é responsável por 62 565,10 €/ano da receita do tratamento do óleo de peixe, ou seja, cerca de 90 % da mesma. Assim, é discutível a possibilidade de encontrar novos mercados para o caso da gordura de aves e mamíferos que permitam uma valorização maior para os mesmos. Neste sentido, pelos valores obtidos e presentes na Tabela 3.8 pode afirmar-se que, nestas condições, não é rentável o tratamento da gordura de aves, independentemente do preço das enzimas já que o RL é negativo para ambos os casos (com e sem enzimas). No entanto, existe a possibilidade de se conseguir a rentabilidade para o óleo de peixe e gordura de mamíferos, se o preço de mercado das enzimas baixar relativamente aos valores atuais ou se for possível uma redução na razão enzima:gordura.

Com o RL obtido, foi possível calcular o preço máximo das enzimas para que a melhoria fosse compensatória. No caso do óleo de peixe, o RL tornar-se-ia positivo (618,82 €/ano) com o custo das enzimas no valor de 9,75 €/kg tal como se pode observar na Figura 3.2. Por sua vez, no caso da gordura de mamíferos, só com um custo de 1,00 €/kg é que se obteria um RL positivo (139,39 €/ano). Note-se que estes valores de RL são relativamente baixos e pretendem apenas mostrar a partir de que preço de enzimas o tratamento poderia começar a gerar lucro. Para o caso do tratamento das duas gorduras seria necessário um valor inferior a 9,10 €/kg para que o tratamento fosse viável.

É importante verificar que para o óleo de peixe a variação do RL diz respeito ao eixo do lado direito, já a gordura de mamíferos dizem respeito ao eixo do lado esquerdo da Figura 3.2.

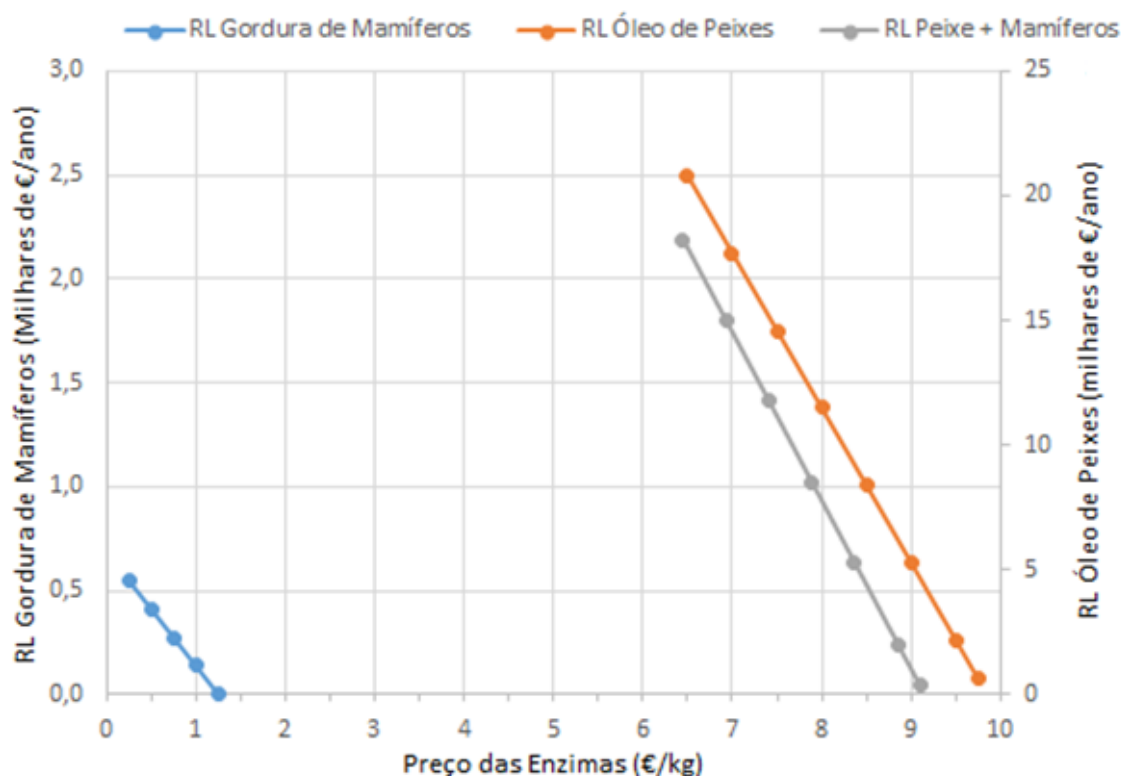


Figura 3.2: Variação do resultado líquido (RL) para o óleo de peixe e gordura de mamíferos.

Na Figura 3.2 percebe-se a importância do custo das enzimas para a rentabilidade da melhoria, para o caso do óleo de peixe. Uma variação de 1 €/kg na compra das enzimas pode significar um aumento do resultado líquido em milhares de euros no caso do óleo de peixe. Assim, o preço de compra das enzimas demonstrou ser o fator mais importante para a rentabilidade da melhoria, bem como a quantidade de enzima usada no processo de tratamento, ou seja, a razão enzima:gordura. Quanto menor for esta razão, menor será a quantidade de enzima necessária no processo de redução de acidez, e por consequência menor será o custo na compra de catalisador. É importante ainda notar que a variação do RL para o caso do tratamento de gordura de mamíferos a solo é muito inferior à do óleo de peixe mesmo para preços de enzima muito reduzidos.

De seguida analisou-se o *payback period* (PBP), a VAL e a TIR para o caso do tratamento de óleo de peixe e gordura de mamíferos. A Figura 3.3 permite perceber o comportamento do PBP em função do preço das enzimas. Assim, verifica-se que uma redução no preço das enzimas de 9,10 €/kg para 8,85 €/kg significa uma passagem de quase 14 anos para 6 anos de período de retorno para o caso de investimento apenas com capital alheio. No caso de investimento com capital próprio, custo de capital (CC) de 12 %, o período de retorno ultrapassa o horizonte temporal definido de 15 anos.

Uma redução de pouco mais de 0,25 €/kg na compra das enzimas permite uma redução no PBP de mais de metade. Isto deve-se ao comportamento exponencial da variação em causa que é mais acentuada no caso de financiamento com capital próprio da empresa. Essa diferença no PBP entre as diferentes formas de financiamento diminui com a diminuição do preço das enzimas. Porém, este efeito deve-se ao próprio PBP que ao tornar-se sucessivamente menor, o número de anos a que o custo de capital é aplicado também é menor, influenciando cada vez menos os *cash flows*. Assim, pode-se constatar que o uso do capital alheio (CC 10 %) é a opção mais vantajosa uma vez que para o mesmo empate de capital o período de retorno é menor.

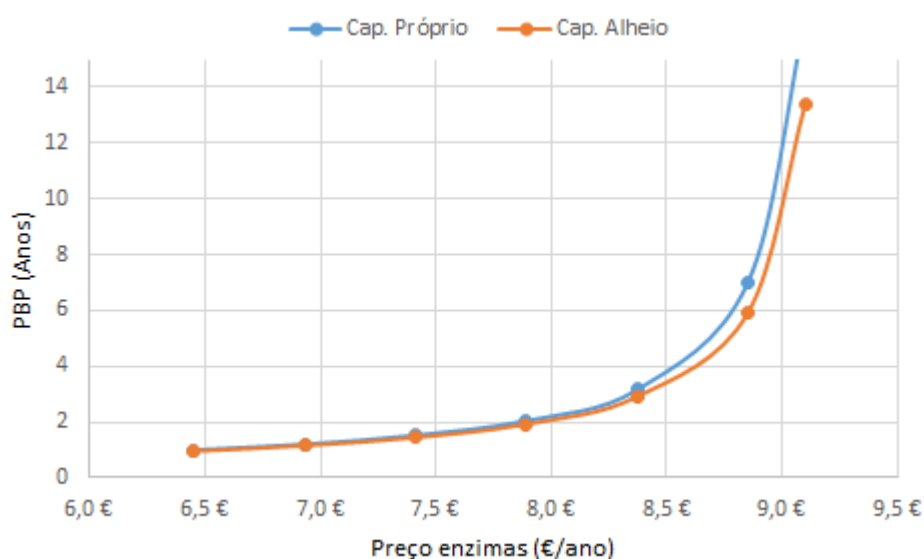


Figura 3.3: Variação do *payback period* (PBP) do projeto com o preço das enzimas, para investimento com capital próprio (CC 12 %) e capital alheio (CC 10 %).

Por outro lado, o valor atual líquido (VAL) aumenta com a diminuição do preço das enzimas. Neste caso, ao contrário do PBP, a diferença entre a utilização do capital próprio e alheio aumenta à medida que se utiliza enzimas sucessivamente mais económicas. Isto deve-se ao cálculo do VAL que provém de resultados acumulados ao longo dos anos de estudo do projeto. Assim, uma maior diferença no início irá resultar em maiores diferenças ao longo dos anos e consequentemente no resultado final do VAL (Figura 3.4a). Mais uma vez verifica-se que a opção mais rentável é o uso de capital alheio, uma vez que é o que apresenta um VAL mais elevado para o mesmo investimento de capital. Estudou-se ainda a variação da TIR com o preço das enzimas (Figura 3.4b) atingindo-se o valor igual à taxa de custo de capital (tanto para investimento com capital próprio ou alheio) no intervalo de preço de 8,85-9,10 €/kg de enzima para o tratamento das duas gorduras. Por sua vez, para o caso do tratamento a solo do óleo de peixe, esse patamar é atingido no intervalo 9,50-9,75 €/kg de enzima. O caso do tratamento da gordura de mamíferos não foi representado no gráfico da Figura 3.4b já que esta apresentava

valores de TIR muito reduzidos mesmo para preços de enzima muito baixos. Uma vez que o tratamento de gordura de mamíferos apresenta taxas internas de rentabilidade inferiores ao custo de capital alheio (10 %), foi considerado que o tratamento não é compensatório.

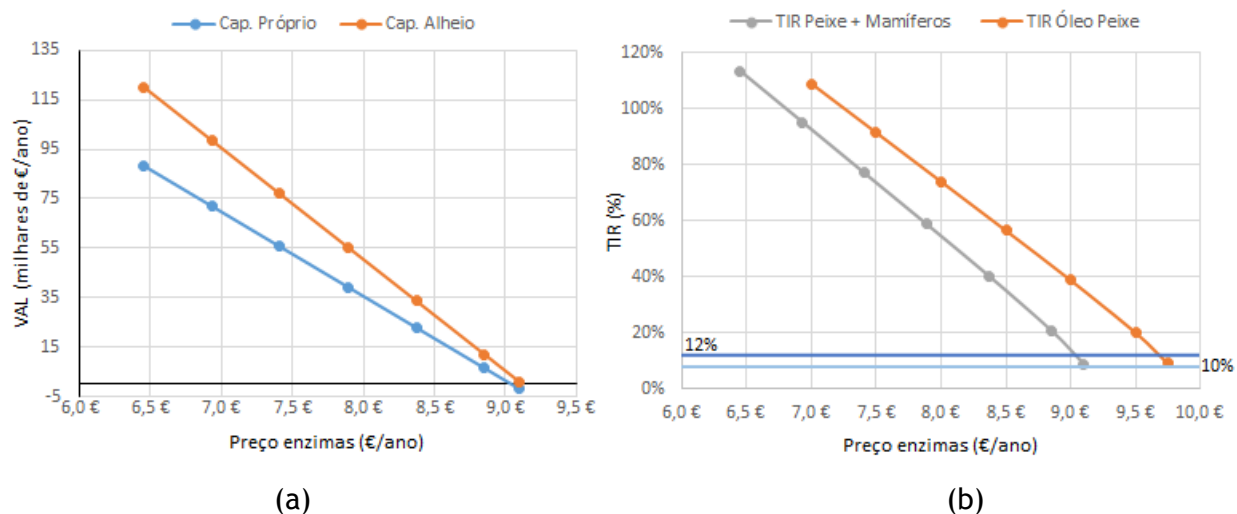


Figura 3.4: a) Variação do valor atual líquido (VAL) com o preço das enzimas, para investimento com capital próprio (CC 12 %) e capital alheio (CC 10 %). b) Taxa interna de retorno (TIR) para o óleo de peixe e para o conjunto óleo de peixe e gordura de mamíferos.

Para além da variação do preço das enzimas, também foi estudado o efeito do aumento do preço de venda da gordura. A Figura 3.5 permite perceber a relação entre o RL dos vários tratamentos e o aumento no preço de venda da gordura. No caso do tratamento conjunto (RL Peixes + Mamíferos) será necessário um aumento de 4 % para que o RL se torne positivo. Porém, no caso de apenas ser tratado o óleo de peixe, será apenas preciso um aumento de pouco mais do que 3 %. Representa-se ainda o tratamento à gordura de mamífero que, como se verifica, apresenta um comportamento quase horizontal. No caso desta gordura só com um acréscimo no preço de venda perto dos 40 % é que se tornaria viável o seu tratamento.

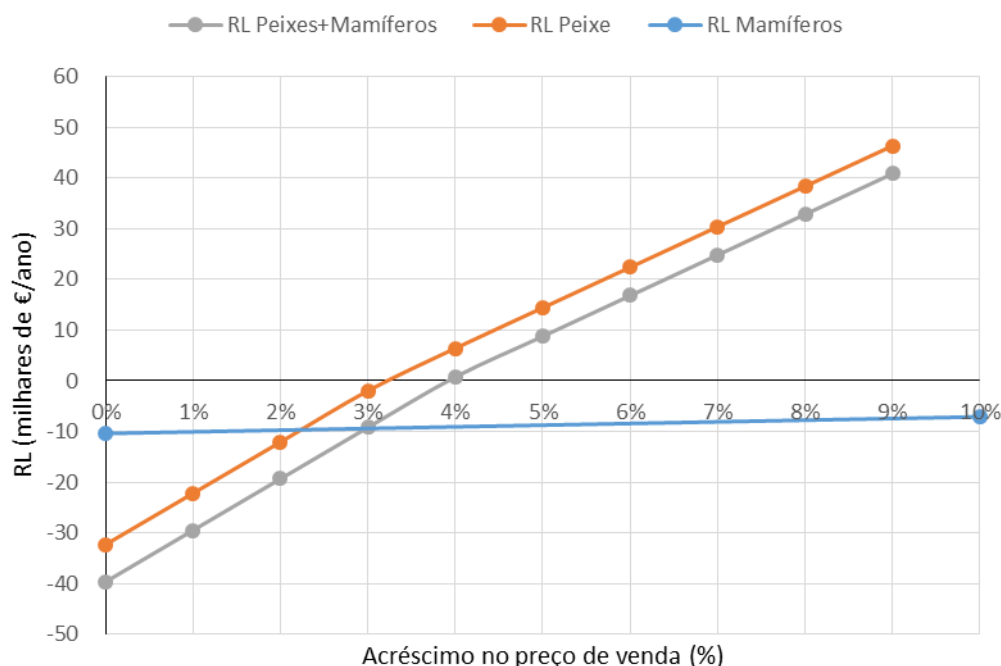


Figura 3.5: Variação do resultado líquido (RL) do tratamento do óleo de peixe mais a gordura de mamíferos, e das mesmas em separado, com o aumento no preço de venda da gordura.

No caso da TIR, o tratamento torna-se compensatório quando é ultrapassado o CC (10 %). Para esta situação, é necessário um aumento do preço de venda na ordem dos 3 % e 4 % para o caso do óleo de peixe e do tratamento das duas gorduras, respetivamente (Figura 3.6a).

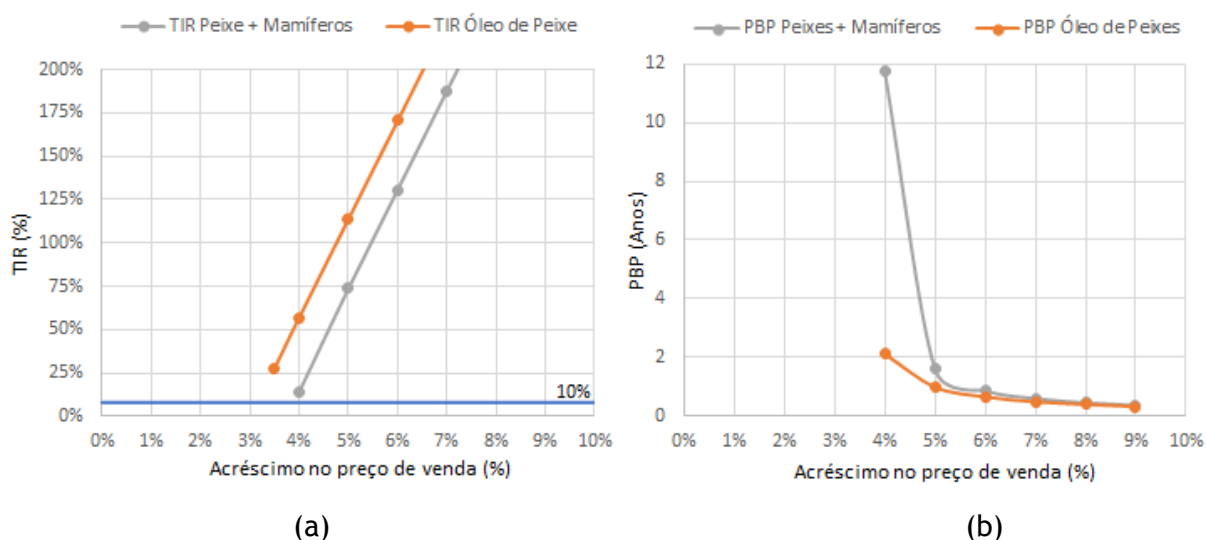


Figura 3.6: a) TIR em função do acréscimo no preço de venda das gorduras tratadas. B) PBP relativo ao CC de 12% (capital próprio) para os mesmos tipos de tratamentos.

Relativamente ao PBP (para CC de 12 %) verifica-se um decréscimo muito acentuado quando há um acréscimo de 4 para 5 % no preço de venda da gordura. Este decréscimo deve-se ao valor das receitas que se torna bastante elevado à medida que o preço de venda aumenta. Assim, o

PBP diminui muito rapidamente passando de 12 anos para cerca de 1 ano com um aumento de apenas 2 % de inflação na venda das gorduras.

A Figura 3.7 mostra que, para um caso em que se comprove a viabilidade do tratamento, a quantidade de gordura a tratar tem uma relação direta com o RL. Assim, quanto maior a quantidade de gordura tratada maior a rentabilidade do tratamento.

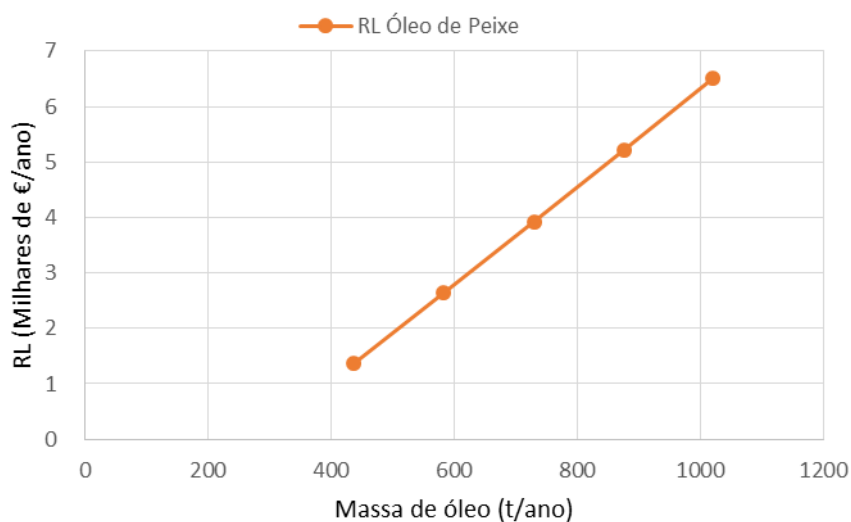


Figura 3.7: Variação do RL em função da quantidade de gordura tratada para o óleo de peixe.

Por fim, de forma a perceber a relação existente entre o preço de compra das enzimas e o preço de venda da gordura foram fixados o RL e a TIR e variados os respetivos preços (Figura 3.8). Este estudo foi feito apenas para o óleo de peixe cujo tratamento utiliza a enzima *Lipozyme® TL 100L* com um custo de 15 €/kg. Assim, verifica-se que é necessário um acréscimo de cerca de 4 % do preço de venda das gorduras para que o processo seja considerado viável.

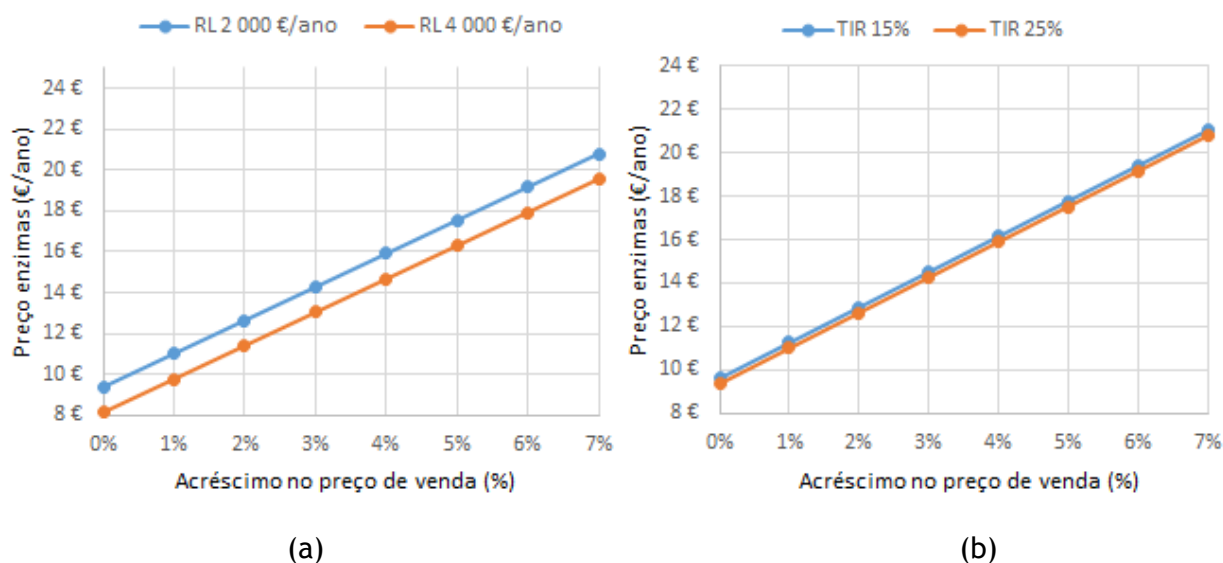


Figura 3.8: Variação do custo da enzima *Lipozyme® TL 100L* com o preço de venda do óleo de peixe para a) RL de 2 000 e 4 000 €/ano e b) TIR de 15 % e 25 %.

3.2.2 Impacte Ambiental

Neste subcapítulo serão apresentados os resultados da pegada de carbono e hídrica para o caso do novo processo estudado e para o processo da Savinor UTS atualmente instalado.

A Tabela 3.9 reúne os resultados obtidos no cálculo da pegada de carbono para o caso do novo processo de redução de acidez das gorduras e do processo base de produção de gordura e farinha de subprodutos animais, já existente na Savinor UTS.

Apesar da pegada de carbono do novo processo representar apenas 12 % da pegada do processo base da Savinor UTS foi obtida a mesma emissão de CO₂ equivalente por unidade de massa de gordura processada. Porém, é importante referir que para o caso do processo base da Savinor UTS não foi feita uma análise a todas as etapas processuais. Para o novo processo, de redução de acidez da gordura, foram consideradas as emissões resultantes da produção dos materiais usados que têm um peso bastante significativo na pegada carbónica (47 %). No caso do processo já instalado, não foram consideradas as emissões da análise de ciclo de vida (ACV) dos materiais utilizados no processo bem como a utilização de outras maquinarias para além do tricanter (prensas, bombagens, entre outros).

Tabela 3.9: Emissões de CO₂ equivalente para as diferentes fases do novo processo e do processo base da Savinor UTS.

Novo processo			Processo base Savinor UTS		
Parâmetros		Emissões (t CO ₂ eq/ano)	Parâmetros		Emissões (t CO ₂ eq/ano)
Eletricidade	Tricanter	2,3	Eletricidade	Tricanter	19,5
	Agitador	6,4		Agitador	*n.d.
Vapor	Cogeração	52,3	Vapor	Cogeração	880,0
	Nafta	100,7		Nafta	1 693,6
	Biomassa	133,6		Biomassa	2 248,6
Água	ETAR	26,1	Água	ETAR	218,8
ACV materiais	Etanol	9,7	ACV materiais	*n.d.	*n.d.
	Enzimas	264,1			
	Aço	7,2			
Pegada de carbono		602,4	Pegada de carbono		5 060,4
t CO ₂ eq/t gordura		1,3	t CO ₂ eq/t gordura		1,3

*n.d. = valor não disponível, uma vez que o parâmetro em causa, não é utilizado no processo base da Savinor UTS.

A pegada hídrica também foi obtida para ambos os processos podendo ser dividida em água azul e água cinzenta (Tabela 3.10).

Tabela 3.10: Consumo de água equivalente para as diferentes fases do novo processo e do processo base da Savinor UTS.

Novo processo			Processo base Savinor UTS		
Parâmetros		Água equivalente (m ³ água/ano)	Parâmetros		Água equivalente (m ³ água/ano)
Água Azul	Incorporada	3 968	Água Azul	Incorporada	33 279
	Perdida	241 362		Perdida	1 674 777
	Evaporada	7 588		Evaporada	52 826
Água cinzenta		8 156	Água cinzenta		2 683 050
Pegada hídrica		261 073	Pegada hídrica		4 443 933
m ³ água/t gordura		574	m ³ água/t gordura		1162

Como referido em secções anteriores deste trabalho, a água verde não foi considerada para ambos os processos.

A diferença no consumo de água equivalente entre os dois processos é constatada na Tabela 3.10 de forma evidente, uma vez que o novo processo representa apenas 6 % do processo da empresa. Em termos de gordura processada essa diferença não é tão elevada, sendo que o novo processo apresenta um consumo de água por unidade de massa de gordura em cerca de metade relativamente ao outro processo.

No caso da pegada hídrica foi considerada toda a água utilizada pela empresa, tanto para tratamento na ETAR como na captação de água (ETA). Isto faz com que a pegada hídrica do processo base, atualmente existente, seja muito maior que a pegada hídrica do novo processo de redução de acidez da gordura.

Para o caso da pegada carbónica era também esperada uma emissão anual maior para o processo já instalado. Uma possível justificação para isso pode ser o facto de não ter sido considerado o processo produtivo na sua totalidade, bem como as emissões relativas aos materiais usados no processo.

4. Conclusões

Este trabalho estudou a rentabilidade do tratamento de redução da acidez por via de um processo de esterificação enzimática, considerando duas alternativas de enzimas, com vista à sua aplicação industrial, e determinou o impacte ambiental do mesmo em termos das pegadas de carbono e hídrica.

No decurso do mesmo foi possível chegar às seguintes conclusões.

De entre os custos considerados para a aplicação do novo processo para a redução de acidez da gordura, o custo das enzimas é o parâmetro que mais influencia a na rentabilidade do processo.

O atual preço de mercado das enzimas testadas em laboratório (*Lipozyme® CALB L*, *Lipozyme® TL 100L*, *Lecitase® Ultra* e *Novozym® 435*), para as razões enzima/gordura usadas em laboratório, fez com que os custos operacionais do processo apresentassem valores superiores às receitas geradas pela melhoria.

Para o caso da gordura de aves, independentemente do preço da enzima, concluiu-se não ser rentável a aplicação do tratamento, uma vez que os restantes custos inerentes à aplicação do processo não conseguem ser suportados pela receita gerada pelo mesmo.

Concluiu-se também que o tratamento da gordura de mamíferos pode ser rentável caso o preço da enzima seja de aproximadamente 1 €/kg ou inferior, ou caso a razão enzima/gordura utilizada seja menor. Porém, o resultado líquido obtido neste caso será baixo resultando num período de retorno relativamente alto.

A oportunidade de melhoria para a gordura de aves e mamíferos é baixa devido à baixa penalização que apresentam na venda, uma vez que os picos de acidez que apresentam são pouco acima do limite aceite pelo cliente. Assim, o benefício económico do tratamento é bastante reduzido. Este benefício poderia ser potenciado, caso fossem explorados novos mercados que permitissem uma maior valorização da gordura de aves e mamíferos.

Por sua vez, o tratamento do óleo de peixe apresenta uma grande oportunidade de melhoria, uma vez que para valores de acidez inferiores a 2 graus AGL existe uma bonificação do preço de venda. Esta bonificação é responsável por 90 % da receita obtida pela melhoria. Apesar disto, o tratamento só seria rentável com um custo de enzimas abaixo de 9,75 €/kg.

No caso do tratamento da gordura de mamíferos e do óleo de peixe a viabilidade seria atingida com um preço máximo de enzimas na ordem dos 9,10 €/kg.

Verificou-se ainda que para tornar viável o tratamento do óleo de peixe seria necessário um acréscimo no preço de venda de cerca de 3 %. Enquanto que no caso do tratamento das duas gordura (mamíferos e peixe) seria necessário um acréscimo de 4 % no seu preço de venda.

Relativamente à análise de impacte ambiental foi obtida uma pegada de carbono de aproximadamente 602 t CO₂ eq/ano para aplicação do novo processo. Esta representa cerca de 12 % das emissões estimadas para o processo existente na Savinor UTS. A pegada de água representa cerca de 6 % (261 073 m³ água/ano) da pegada do processo base da Savinor.

Este trabalho permitiu assim perceber quais os fatores chave para a viabilidade da melhoria bem como o impacte ambiental em termo da pegada de carbono e pegada hídrica.

4.1 Objetivos Realizados

O objetivo principal deste trabalho era a análise económica do novo processo, que consiste na redução de acidez da gordura por esterificação enzimática. Esta análise foi realizada com sucesso e em parceria com a empresa Savinor UTS, a qual forneceu informação crucial para a elaboração da mesma. Com esta informação foi possível estimar todos os custos e receitas que poderiam resultar da melhoria na caso de aplicação industrial.

A análise de impacte ambiental deste novo processo foi feita de forma detalhada. Porém, a mesma análise para o processo já instalado na Savinor não foi feita de forma tão exaustiva, uma vez que, por questões de tempo, não foi possível pedir toda a informação necessária à empresa e já saía fora do âmbito principal deste projeto.

4.2 Limitações e Trabalho Futuro

Apesar do esforço em conseguir encontrar um preço para as enzimas de um fornecedor em Portugal, tal não foi conseguido.

Sugestões para trabalhos futuros:

- estudar razões enzima/gordura mais baixas;
- estudar outras enzimas com possibilidade de reutilização;
- estudar a viabilidade económica de outro processo de redução da acidez (p.ex: esterificação química, extração de AGL com álcool, entre outros);
- verificar a existência de diferentes mercados que permitam uma maior valorização económica da gordura de aves e mamíferos.

4.3 Apreciação final

A análise económica foi realizada com sucesso, apesar de não se ter obtido o resultado mais desejado, que seria a constatação inequívoca da viabilidade económica para o novo processo em estudo. Porém, isto não foi possível para os parâmetros experimentais testados em laboratório até ao momento, bem como para o atual preço de mercado das enzimas que foram testadas. Apesar disso, este trabalho pode ser uma ferramenta bastante útil para a tomada de decisão da empresa e para a perceção técnico-financeira do processo em causa. Este trabalho pode ainda ser ajustado e aplicado para diferentes variações nos parâmetros considerados, i.e. preço das enzimas, razão enzima/gordura, razão álcool/AGL, investimento, entre outros. Para além disto, permite ainda uma melhor compreensão e perceção da viabilidade da utilização de enzimas à escala industrial, bem como do impacte ambiental em termos de pegada de carbono e hídrica.

Referências

- Agência Portuguesa do Ambiente (APA-a), PORTUGUESE NATIONAL INVENTORY REPORT ON GREENHOUSE GASES, 1990 - 2014. Amadora, 2016. URL: http://www.apambiente.pt/_zdata/Inventario/NIR_global_20160415.pdf.
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA-b), 2016. Gases fluorados - Conversor de unidades. Acedido a 24/05/2016 em <https://formularios.apambiente.pt/conversor/>.
- Agueiras, E. C. G., Souza, S. L., & Langone, M. A. P., Estudo do comportamento da lipase comercial Lipozyme RM IM em reações de esterificação para obtenção de biodiesel, 36 (5), pág.646-650, 2013.
- Andrade, S., Redução de acidez de gorduras de mamífero por catálise enzimática. FEUP, Porto, 2016 (em publicação)
- Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações (APDC), SMART Portugal 2020 : A redução de emissões e o aumento da eficiência energética através das TIC SMART 2020 Relatório Nacional, 2008. URL: <http://www.vodafone.pt/NR/rdonlyres/DE890B94-01EF-4877-9AC2-A874722A3B30/0/Smart2020Portugal.pdf>.
- Autoridade Tributária e Aduaneira (AT), 2015. Regime Das Depreciações e Amortizações. Decreto regulamentar Nº 25/2009 a 14 de Setembro, atualizado a 4/2015, a 22 de Abril.
- Azócar, L., Ciudad, G., Muñoz, R., Jeison, D., Toro, C., & Navia, R., Feasible Novozym 435-Catalyzed Process to Fatty Acid Methyl Ester Production from Waste Frying Oil: Role of Lipase Inhibition, Enzyme Inhibition and Bioapplications, Prof. Rakesh Sharma (Ed.), pág.277-302, 2012..
- Azócar, L., Navia, R., Beroiz, L., Jeison, D., & Ciudad, G., Enzymatic biodiesel production kinetics using co-solvent and an anhydrous medium: A strategy to improve lipase performance in a semi-continuous reactor. New Biotechnology, 31 (5), pág.422-429, 2014.
- Basri, M., Kassim, M. A., Mohamad, R., & Ariff, A. B., Optimization and kinetic study on the synthesis of palm oil ester using Lipozyme TL im. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 85-86, pág.214-219, 2013.
- Boden, T.A., Marland, G., and Andres R.J., Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, 2015, DOI: 10.3334/CDIAC/00001_V2015.
- Castro, H. F. De, & Anderson, W. a., Fine chemicals by biotransformation using lipases. Química Nova, 18 (6), pág.544, 1995. URL: http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol18No6_544_v18_n6_07.pdf
- CE, 2016. Ação climática da UE. Comissão Europeia. Acedido a 14/05/2016 em http://ec.europa.eu/clima/citizens/eu/index_pt.htm

- Center for Transportation Analysis (CTA), 2011. Appendix A - Lower and Higher Heating Values of Gas, Liquid and Solid Fuels. Biomass Energy Data Book. Acedido a 18/05/2016 em http://cta.ornl.gov/bedb/pdf/BEDB4_Appendices.pdf.
- Chen, Y., Xiao, B., Chang, J., Fu, Y., Lv, P., & Wang, X., Synthesis of biodiesel from waste cooking oil using immobilized lipase in fixed bed reactor. *Energy Conversion and Management*, 50 (3), 668-673, 2009.
- Colares, A. C., & Matias, M., Análise das Práticas de Gestão Ambiental de Empresas Sediadas no Estado de Minas Gerais - Brasil na Ótica da Ecoeficiência. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 3 (3), pág.48-64, 2014.
- Cunha, J., A análise financeira como ferramenta de apoio à decisão. Universidade da Beira Interior, 2013. Acedido a 19/03/2016.
- Correia, D., Estudo do processo de redução de acidez de óleos de peixe por catálise enzimática. FEUP, Porto, 2016 (em publicação)
- Dalla-Vecchia, R., Nascimento, M. D. G., & Soldi, V., Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros. *Quimica Nova*, 27 (4), pág.623-630, 2004.
- Decreto-lei n.º 236/98 de 1-8-1998. *Diário Da República*, 176 (I Série-A), 3676-3722. Ministério do Ambiente, 1998.
- Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA). Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions. DECC Website. London, 2009. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69282/pb13309-ghg-guidance-0909011.pdf.
- EDP, 2016. Do you know how much CO2 do you emit? EDP - Energia de Portugal S.A. Acedido a 12/05/2016 em <https://energia.edp.pt/empresas/apoio-cliente/origem-energia/>.
- EIB - European Investment Bank, The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB - Projects Directorate, 2013. URL: http://www.eib.org/attachments/thematic/economic_appraisal_of_investment_projects_en.pdf.
- EPA (Environmental Protection Agency), Global Greenhouse Gas Emissions Data. United States Environmental Protection Agency, 2016. Acedido a 18/05/2016 em <https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>
- ERM (Environmental Resources Management), 2010. Manual de Cálculo para o Inventário de Emissões Atmosféricas de Gases de Efeito Estufa (GEE), Environmental Resources Management. Acedido em [http://ifcextapps.ifc.org/ifcext/spiwebsite1.nsf/0/588013312F5B7FC385257878005A2627/\\$File/12.-Annex7-GHGInventoryManual.pdf](http://ifcextapps.ifc.org/ifcext/spiwebsite1.nsf/0/588013312F5B7FC385257878005A2627/$File/12.-Annex7-GHGInventoryManual.pdf).

- ERSE, Recomendação N° 2/2011 Rotulagem De Energia Elétrica, 2011. URL: http://www.erse.pt/pt/desempenhoambiental/rotulagemenergetica/documentacao/Documents/Recomendacao2_2011_Rotulagem.pdf.
- Fjerbaek, L., Christensen, K. V., & Norddahl, B., A review of the current state of biodiesel production using enzymatic transesterification. *Biotechnology and Bioengineering*, 102 (5), 1298-1315, 2009.
- Gleick, P. H., *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, Oxford University Press, Oxford, 1993. URL: <http://www.yemenwater.org/wp-content/uploads/2013/03/Gleick-Peter.-1993.-Water-in-crisis.pdf>.
- Global Footprint Network (GFN). Carbon Footprint, 2016. Acedido a 25/05/2016 em http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/carbon_footprint/.
- HM Treasury, *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*, 2003. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/220541/green_book_complete.pdf.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. *The Water Footprint Assessment Manual*. London & Washington: Earthscan, 2011. URL: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterFootprintAssessmentManual>
<http://doc.utwente.nl/78458/1/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>.
- INE., *Estatísticas Agrícolas 2014*. Instituto Nacional de Estatística, 172. Acedido a 27/02/2016 em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=224773630&PUBLICACOESmodo=2.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1997. Module 1: Energy. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1wb1.pdf>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. Chapter 2 - Stationary Combustion. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. URL: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf.
- José, C., Bonetto, R. D., Gambaro, L. A., Torres, M. D. P. G., Foresti, M. L., Ferreira, M. L., & Briand, L. E., Investigation of the causes of deactivation-degradation of the commercial biocatalyst Novozym 435 in ethanol and ethanol-aqueous media. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 71 (3-4), pág.95-107, 2011.
- Kim, S., Jiménez-González, C., & Dale, B. E. (2009). Enzymes for pharmaceutical applications-a cradle-to-gate life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14 (5), 392-400.

- KPMG - Corporate Tax Rates Table (2016). Acedido a 3/03/2016 em <https://home.kpmg.com/xx/en/home/services/tax/tax-tools-and-resources/tax-rates-online/corporate-tax-rates-table.html>.
- Laudani, C. G., Habulin, M., Knez, Z., Porta, G. Della, & Reverchon, E., Immobilized lipase-mediated long-chain fatty acid esterification in dense carbon dioxide: bench-scale packed-bed reactor study. *Journal of Supercritical Fluids*, 41 (1), pág.74-81, 2007.
- Leão, L. S., Estudo empírico e cinético da esterificação de ácidos graxos saturados sobre o ácido nióico, Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2009.
- Li, Q., Zheng, J., & Yan, Y., Biodiesel preparation catalyzed by compound-lipase in co-solvent. *Fuel Processing Technology*, 91 (10), pág.1229-1234, 2010.
- LOPES, M. D. S., *Elaboração e Análise de Projetos de Investimento - 2a Edição*. Porto : FEUP edições, 2012.
- Lukovic, N., Kneevic-Jugovic, Z., & Bezbradic, D., Biodiesel Fuel Production by Enzymatic Transesterification of Oils: Recent Trends, Challenges and Future Perspectives. *Alternative Fuel*, 47-72, 2011.
- Lumby, S., & Jones, C., *Corporate Finance - Theory & Practice*. (A. Paddon, Ed.) (8 th, Vol. 58). Brendan George, 2011.
- Melgosa, R., Sanz, M. T., Solaesa, Á. G., Bucio, S. L., & Beltrán, S., Enzymatic activity and conformational and morphological studies of four commercial lipases treated with supercritical carbon dioxide. *Journal of Supercritical Fluids*, 97, pág.51-62, 2015.
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), *Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais - Rios e Albufeiras*. Instituto da Água IP, 2009. URL: <http://www.apambiente.pt/dqa/assets/critérios-classificação-rios-e-albufeiras.pdf>.
- Morera, S., Corominas, L., Poch, M., Aldaya, M. M., & Comas, J., Water footprint assessment in wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 112, pág.4741-4748, 2016.
- Mulalee, S., Sena, K., & Phisalaphong, M., Enzymatic Esterification of Oleic Acid and Propanol by Novozym 435. *Applied Mechanics and Materials*, 705, pág.29-33, 2014.
- Neves, João Carvalho, *Análise e Relato Financeiro - Uma Visão Integrada da Gestão*. Texto Editores, Lda. 5ª Edição. Alfragide, 2012.
- Neves, João Carvalho, *Análise Financeira - Métodos e técnicas*. Texto Editora, Lda. 5ª Edição. Lisboa, 1991.
- Nielsen, P. H., Oxenbøll, K. M., & Wenzel, H. (2007). Cradle-to-gate environmental assessment of enzyme products produced industrially in denmark by novozymes A/S. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(6), 432-438.
- Novozymes. *Enzymes for Biocatalysis for smarter chemical synthesis - Lipases Catalog*, 1-6, 2014. URL:

- http://www.novozymes.com/en/solutions/biopharma/Brochures/Documents/2014-12478-01_Biocatalysis-Product-Sheet_Lipases-1.pdf
- Ognjanovic, N., Bezbradica, D., & Knezevic-Jugovic, Z., Enzymatic conversion of sunflower oil to biodiesel in a solvent-free system: Process optimization and the immobilized system stability. *Bioresource Technology*, 100 (21), pág.5146-5154, 2009.
- Omran, H. R., EL-Marsafy, S. M., Ashour, F. H., & Abadir, E. F., Economic evaluation of aromatics production, a case study for financial model application in petrochemical projects. *Egyptian Journal of Petroleum*, 21, 2016.
- Pinto, A., Valorização de óleos de peixe através da redução do seu índice de acidez. FEUP, Porto, 2016.
- Pöppl, A.G., Aplicação de β -Agonistas na Produção Animal, Apresentação de Seminário da disciplina de Bioquímica do Tecido Animal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2009.
- Portugal, A. V., Sistemas de produção de alimentos de origem animal no futuro. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 97 (542), pag.63-70, 2000.
- Richetti, A., Esterificação enzimática de palmitato de 2-etilexila em sistema livre de solvente, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.
- Roldão, Victor Sequeira, Gestão de projetos - Abordagem Instrumental ao Planeamento, Organização e Controlo. Monitor - Projetos e Edições, Lda. 1ª Edição. Lisboa, 2005.
- Saxena, R. K., Sheoran, A., Giri, B., & Davidson, W. S. (2003). Purification strategies for microbial lipases. *Journal of Microbiological Methods*, 52 (1), pág.1-18, 2003.
- Sharma, R., Chisti, Y., & Chand, U., Production, Purification, Characterization, and Applications of Lipases. *Biotechnology Advances*, 19 (8), pág.627-662, 2001.
- Sigma-Aldrich, 2016. Acedido a 04/03/2016 em <https://www.sigmaaldrich.com/portugal.html>.
- Suwanteep, K., Prof, A., Chavalparit, O., & D, P, Evaluation of Carbon footprint of activated sludge wastewater treatment system. *Engineering*, 2010. URL: http://www20100324.chula.ac.th/chulaglobal/files/event/No.17_Kultip_-_Evaluation_of_carbon_footprint.pdf.
- Tamayo, J. J., Ladero, M., Santos, V. E., & García-Ochoa, F., Esterification of benzoic acid and glycerol to α -monobenzoate glycerol in solventless media using an industrial free *Candida antarctica* lipase B. *Process Biochemistry*, 47 (2), pág.243-250, 2012.
- Tan, T., Lu, J., Nie, K., Deng, L., & Wang, F., Biodiesel production with immobilized lipase: A review. *Biotechnology Advances*, 28 (5), pág.628-634, 2010.
- Toldrá, F., Aristoy, M. C., Mora, L., & Reig, M., Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Science*, 93 (2), pag.290, 2012.
- Trovisco, I. M., Redução de acidez de gorduras provenientes da transformação de subprodutos avícolas. FEUP, Porto, 2016.

União Europeia (UE), Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.

Unicamp. Agitação e mistura, 2009. Acedido em http://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf.

Van der Leeden, F., Troise, F. L. e Todd, D. K., The Water Encyclopedia, second edition, CRC Press, Boca Raton, 1990.

Water Footprint Network (WFN), 2016. What is a water footprint? Acedido em <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>.

World Resources Institute (WRI), & World Business Council on Sustainable Development (WBCSD). Protocolo de Gases com Efeito de Estufa, 2000. Acedido em http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg_protocol_portuguese.pdf.

Zauba, "Detailed Import Data", "Zauba Technologies & Data Services Pvt Ltd. Acedido a 8/04/2016 em <https://www.zauba.com/>.

Zeng, Z., Cui, L., Xue, W., Chen, J., & Che, Y., Recent Developments on the Mechanism and Kinetics of Esterification Reaction Promoted by Various Catalysts. Chemical Kinetics, (2), pág.256-282, 2011.

Anexos

A1 - Anexo 1 - Óleo de Peixe

Tabela A1.1: Produção de óleo de peixe em Janeiro e Fevereiro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Janeiro	1	0	-	Fevereiro	3	2700	6,99
	2	0	-		4	1500	-
	3	0	-		5	3440	6,66
	6	700	5,41		6	2900	6,83
	7	800	6,20		7	3500	6,99
	8	3700	6,43		10	2700	7,56
	9	1500	6,66		11	3500	7,11
	10	2940	6,18		12	3300	5,85
	13	2000	6,54		13	3200	6,54
	14	2000	6,18		14	3200	6,4
	15	2000	5,97		17	600	6,72
	16	2500	6,40		18	0	-
	17	2700	6,32		19	2400	6,99
	20	2400	6,54		20	4320	6,07
	21	2240	6,29		21	3200	6,35
	22	4500	7,22		24	3300	7,05
	23	4900	7,44		25	3600	-
	24	3100	6,62		26	3400	6,89
	27	2000	5,53		27	2500	6,62
	28	2800	6,66		28	3400	4,86
	29	3300	6,54				
	30	3200	7,11				
	31	6800	7,44				

Tabela A1.2: Produção de óleo de peixe em Março e Abril de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Março	3	2000	5,41	Abril	1	3000	5,84
	4	3300	5,33		2	2600	6,77
	5	2100	4,96		3	4700	6,99
	6	2600	4,88		4	0	-
	7	4800	4,34		7	1700	5,53
	10	2000	4,40		8	2300	7,56
	11	2100	4,49		9	2100	5,87
	12	3700	5,21		10	2500	6,18
	13	1860	5,85		11	2400	6,29
	14	3200	6,77		14	2800	5,86
	17	3700	4,96		15	2980	6,29
	18	2930	5,42		16	2600	6,24
	19	2800	5,41		17	2800	5,64
	20	3000	5,98		18	3800	5,64
	21	1900	6,40		21	2000	5,54
	24	2400	6,83		22	2400	5,42
	25	2800	6,88		23	3300	6,71
	26	2400	6,54		24	3320	5,64
	27	3600	6,99		25	4200	4,49
	28	4700	7,16		28	2100	6,29
	31	3600	-		29	2100	5,64
					30	2100	5,15

Tabela A1.3: Produção de óleo de peixe em Maio e Junho de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Maio	1	780	4,23	Junho	2	0	5,64
	2	0	-		3	4800	6,62
	5	1500	9,71		4	3100	6,07
	6	2900	5,75		5	1800	4,99
	7	2600	7,38		6	3300	5,45
	8	1800	5,54		9	1800	6,37
	9	3000	5,24		10	2500	6,62
	12	1200	5,85		11	600	6,27
	13	3500	5,38		12	1300	5,33
	14	2500	6,04		13	3500	5,53
	15	2000	6,07		16	2300	4,96
	16	3000	4,74		17	2800	5,85
	19	2900	6,06		18	2900	5,64
	20	2900	6,07		19	1800	5,85
	21	3400	4,60		20	2900	5,34
	22	2700	4,80		23	2800	4,77
	23	2900	4,43		24	2800	4,94
	26	2100	5,75		25	3200	5,53
	27	1900	5,54		26	4100	4,88
	28	1400	5,86		27	6400	4,18
	29	2600	6,07		30	2500	5,53
	30	2400	4,80				

Tabela A1.4: Produção de óleo de peixe em Julho e Agosto de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Julho	1	3100	5,64	Agosto	1	4060	4,60
	2	3200	5,85		4	3900	6,09
	3	2900	4,38		5	2800	6,07
	4	3100	4,34		6	2300	4,91
	7	3000	4,88		7	3600	3,97
	8	2900	6,18		8	3500	4,56
	9	3200	5,84		11	2800	4,43
	10	2600	4,99		12	3100	4,88
	11	3000	5,33		13	2900	5,22
	14	2900	4,96		14	3440	4,77
	15	2200	6,62		15	2000	5,08
	16	3100	4,70		18	2000	6,51
	17	2900	3,99		19	2900	5,74
	18	3100	4,62		20	3600	4,70
	21	2900	5,86		21	2600	4,77
	22	2600	6,27		22	3200	4,39
	23	3800	5,98		25	1500	5,22
	24	3200	5,64		26	3000	7,44
	25	3500	4,88		27	2000	4,33
	28	4400	6,07		28	2700	6,20
	29	3800	6,06		29	1400	5,44
	30	3900	4,49				
	31	2900	5,01				

Tabela A1.5: Produção de óleo de peixe em Setembro e Outubro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Setembro	1	1800	6,58	Outubro	1	4540	5,33
	2	1720	6,07		2	4900	6,07
	3	3120	5,53		3	4000	5,33
	4	1400	4,18		6	2300	5,19
	5	2000	5,44		7	3300	6,51
	8	5000	5,43		8	2800	5,31
	9	3100	7,38		9	2900	5,10
	10	2800	4,34		10	4500	4,94
	11	2100	6,65		13	1000	4,88
	12	3300	6,32		14	3200	5,74
	15	2500	5,12		15	4120	4,85
	16	1532	7,21		16	3200	4,56
	17	2500	5,42		17	4000	4,51
	18	1900	5,31		20	2300	3,86
	19	3600	5,12		21	3900	5,21
	22	3300	5,35		22	3800	4,34
	23	3200	5,64		23	3700	3,55
	24	3600	5,74		24	3500	4,60
	25	3780	5,04		27	0	4,34
	26	5400	3,93		28	2500	10,02
	29	2800	5,22		29	6900	7,59
	30	2700	5,87		30	3100	4,06
					31	2800	-

Tabela A1.6: Produção de óleo de peixe em Novembro e Dezembro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Novembro	3	1300	5,19	Dezembro	1	2700	4,23
	4	2900	6,83		2	3700	3,95
	5	3200	5,64		3	2900	4,39
	6	4080	4,51		4	3660	3,86
	7	3800	4,39		5	5300	3,76
	10	2700	5,98		8	700	3,66
	11	3000	4,77		9	0	-
	12	4000	4,23		10	2300	3,97
	13	4600	4,34		11	3400	4,28
	14	6640	5,74		12	4400	4,39
	17	2900	4,03		15	1300	5,97
	18	4000	4,55		16	4000	5,04
	19	3700	4,18		17	3730	5,42
	20	4000	3,58		18	2900	5,54
	21	5200	4,23		19	2600	4,57
	24	2670	4,81		22	700	3,76
	25	3100	4,17		23	1000	2,87
	26	3400	3,69		24	1600	3,02
	27	3040	4,66		25	0	-
	28	3000	4,51		26	0	-
					29	200	3,22
					30	0	4,80
					31	200	4,43

A2 - Anexo 2 - Gordura de Aves

Tabela A2.1: Produção de gordura de aves em Janeiro e Fevereiro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Janeiro	1	5000	4,66	Fevereiro	3	5700	5,3
	2	0	-		4	9500	4,62
	3	7500	4,68		5	4560	4,53
	6	4680	4,53		6	6100	5,47
	7	4040	4,91		7	5900	5,69
	8	9000	5,13		10	8200	6,07
	9	3600	4,56		11	8800	5,04
	10	5600	4,61		12	6280	5,58
	13	5800	4,85		13	8600	4,47
	14	6600	4,98		14	8200	4,47
	15	6800	5,13		17	9100	5,3
	16	6000	4,98		18	0	-
	17	6800	4,74		19	6900	5,81
	20	3640	5,19		20	5640	3,82
	21	9700	5,13		21	11400	4,91
	22	6300	4,96		24	7600	4,57
	23	5800	5,47		25	4140	-
	24	6900	5,25		26	6880	5,19
	27	8200	4,99		27	7000	4,74
	28	7900	5,53		28	4800	4,42
	29	4820	4,57				
	30	8240	4,72				
	31	6900	5,64				

Tabela A2.2: Produção de gordura de aves em Março e Abril de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Março	3	8400	5,30	Abril	1	8780	4,64
	4	9800	3,90		2	6100	4,68
	5	6780	4,57		3	9000	6,89
	6	7500	4,46		4	2900	4,01
	7	7200	5,03		7	3600	-
	10	8700	4,68		8	10500	6,52
	11	7700	4,59		9	10180	4,94
	12	6000	4,82		10	6800	4,14
	13	9400	4,68		11	8300	4,67
	14	2100	5,70		14	6100	5,75
	17	8000	5,15		15	4500	5,26
	18	7020	5,47		16	6200	4,88
	19	9620	4,87		17	5600	5,28
	20	4800	5,64		18	8600	5,23
	21	6400	5,14		21	8340	5,50
	24	7100	5,42		22	9700	4,86
	25	7720	4,73		23	8000	4,72
	26	7000	5,64		24	2680	4,95
	27	7000	5,47		25	6400	4,33
	28	8800	5,58		28	6980	5,32
	31	8580	5,75		29	5960	5,27
					30	7800	5,14

Tabela A2.3: Produção de gordura de aves em Maio e Junho de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Maio	1	7500	4,48	Junho	2	8200	5,01
	2	0	-		3	6800	3,98
	5	7900	6,45		4	7340	3,92
	6	6320	5,27		5	5700	4,28
	7	6900	4,52		6	7900	3,82
	8	6300	4,45		9	7600	4,83
	9	6800	4,85		10	7400	4,10
	12	34220	5,16		11	1600	4,13
	13	7047	5,59		12	7000	4,01
	14	6800	6,48		13	7680	3,82
	15	6800	4,93		16	6400	4,46
	16	7320	5,64		17	8300	3,85
	19	7400	5,33		18	5980	4,67
	20	7900	4,46		19	6400	4,05
	21	6520	3,83		20	5600	4,57
	22	6600	4,02		23	7080	5,63
	23	7600	3,39		24	6300	3,81
	26	8760	5,54		25	7400	3,59
	27	5900	4,94		26	6500	4,11
	28	6860	3,77		27	6600	3,59
	29	7540	3,51		30	6400	5,62
	30	7000	4,58				

Tabela A2.4: Produção de gordura de aves em Julho e Agosto de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Julho	1	5300	3,94	Agosto	1	7700	3,32
	2	8780	3,67		4	7300	4,11
	3	5600	3,88		5	7100	4,00
	4	6000	3,43		6	6400	3,34
	7	7700	5,33		7	8600	3,77
	8	6560	4,52		8	8400	3,42
	9	5600	3,55		11	6480	8,52
	10	7300	4,13		12	5500	3,75
	11	6000	3,60		13	6900	3,40
	14	5760	4,67		14	3940	3,21
	15	8000	4,19		15	9800	3,08
	16	6700	4,35		18	7000	4,33
	17	6220	4,27		19	7000	3,62
	18	7400	3,53		20	7840	3,24
	21	7600	5,17		21	7200	3,70
	22	6700	4,12		22	5700	4,79
	23	7740	3,75		25	6960	4,94
	24	4900	3,55		26	7100	5,12
	25	5900	3,02		27	6100	3,13
	28	5000	9,06		28	4600	3,87
	29	7640	6,24		29	6320	4,34
	30	7680	4,78				
	31	6600	4,37				

Tabela A2.5: Produção de gordura de aves em Setembro e Outubro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Setembro	1	7200	6,75	Outubro	1	7400	4,06
	2	5100	3,62		2	5900	3,21
	3	6600	3,34		3	4900	3,47
	4	4980	3,71		6	7500	5,21
	5	5600	3,31		7	5500	3,93
	8	7400	4,09		8	8180	3,75
	9	6100	3,74		9	7600	3,81
	10	6000	3,44		10	6200	4,11
	11	6800	3,66		13	7600	4,65
	12	6540	3,18		14	5500	3,44
	15	7100	3,49		15	5700	3,67
	16	6680	3,25		16	7120	4,14
	17	5600	3,97		17	5500	4,42
	18	5800	3,79		20	7000	5,40
	19	5600	4,02		21	6600	4,26
	22	5920	3,79		22	6700	5,04
	23	6600	3,76		23	6700	4,45
	24	7320	3,28		24	5400	4,55
	25	6600	3,57		27	5580	4,52
	26	6400	3,53		28	7760	5,00
	29	7500	3,96		29	7200	4,11
	30	6400	4,01		30	8600	4,25
					31	6400	4,69

Tabela A2.6: Produção de gordura de aves em Novembro e Dezembro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Novembro	3	6640	6,35	Dezembro	1	7900	5,10
	4	10100	5,26		2	8800	5,13
	5	8100	4,27		3	9780	5,93
	6	9800	5,16		4	6700	5,81
	7	10800	5,46		5	7500	5,95
	10	8480	4,73		8	8660	6,37
	11	7300	4,77		9	0	-
	12	8400	6,68		10	8700	6,16
	13	8900	5,81		11	9480	5,12
	14	7300	5,22		12	6700	5,90
	17	9760	6,08		15	9400	6,10
	18	7700	5,99		16	8860	5,47
	19	6540	4,75		17	9200	5,42
	20	10700	5,92		18	7180	5,37
	21	10300	5,72		19	7400	5,69
	24	8380	5,85		22	8500	5,56
	25	8100	6,12		23	10700	6,33
	26	7920	5,08		24	9700	4,55
	27	8900	5,80		25	5100	8,55
	28	7500	6,35		26	3200	5,36
					29	8620	4,48
					30	11100	5,16
					31	9400	4,62

A3 - Anexo 3 - Gordura de Mamíferos

Tabela A3.1: Produção de gordura de mamíferos em Janeiro e Fevereiro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Janeiro	1	5540	2,26	Fevereiro	3	3000	1,95
	2	0	-		4	4000	2,37
	3	8500	2,93		5	2500	2,26
	6	3100	2,40		6	5451	2,65
	7	1400	2,37		7	3400	2,09
	8	4200	2,82		10	3700	-
	9	2400	2,82		11	4500	2,17
	10	2800	5,08		12	3700	2,71
	13	3300	2,28		13	4880	2,37
	14	3700	2,54		14	4600	2,49
	15	3000	2,33		17	4400	2,26
	16	2480	2,48		18	0	-
	17	3000	2,88		19	3880	2,38
	20	3800	2,71		20	4200	2,15
	21	1820	2,59		21	4800	2,37
	22	3600	2,31		24	2500	3,38
	23	3400	2,59		25	3900	-
	24	2600	2,37		26	3800	2,02
	27	4300	2,49		27	2800	2,20
	28	3900	2,77		28	3700	1,33
	29	2400	2,71				
	30	3800	2,10				
	31	5000	2,59				

Tabela A3.2: Produção de gordura de mamíferos em Março e Abril de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Março	3	940	1,77	Abril	1	5860	2,31
	4	4400	1,69		2	3960	2,59
	5	3500	1,70		3	4700	3,55
	6	3400	1,77		4	6500	1,88
	7	3300	1,36		7	0	-
	10	1300	2,03		8	4700	5,96
	11	4500	2,14		9	6000	3,96
	12	2600	2,37		10	4800	4,88
	13	3400	1,92		11	6900	2,59
	14	4000	2,03		14	6100	4,85
	17	2600	2,26		15	5200	10,08
	18	3900	1,99		16	1820	2,67
	19	2580	2,03		17	5600	2,60
	20	3900	2,31		18	6500	1,80
	21	4300	1,80		21	4800	4,77
	24	5000	2,65		22	5300	2,33
	25	5200	2,26		23	4700	2,03
	26	3200	2,14		24	5000	1,59
	27	3300	2,03		25	5300	-
	28	7200	2,37		28	5340	-
	31	4100	2,48		29	3520	-
					30	7000	-

Tabela A3.3: Produção de gordura de mamíferos em Maio e Junho de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Maio	1	5600	1,37	Junho	2	7200	10,44
	2	0	-		3	4760	4,08
	5	2480	4,15		4	6260	3,82
	6	8300	4,19		5	5500	2,88
	7	6600	1,75		6	5700	3,76
	8	6200	1,51		9	2640	10,25
	9	7800	1,36		10	6600	7,36
	12	5600	4,35		11	1200	7,50
	13	5700	3,00		12	4300	2,66
	14	3340	2,30		13	7600	2,26
	15	5300	1,49		16	5320	3,14
	16	6600	1,21		17	6700	2,97
	19	1380	4,67		18	5000	3,74
	20	0	-		19	4780	3,32
	21	7800	2,71		20	7700	2,25
	22	6200	1,73		23	3900	5,11
	23	5800	1,49		24	9800	2,82
	26	4700	6,18		25	5600	2,64
	27	6000	2,33		26	6300	2,12
	28	1980	3,92		27	3400	2,36
	29	6300	5,74		30	7520	2,86
	30	8800	2,64				

Tabela A3.4: Produção de gordura de mamíferos em Julho e Agosto de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Julho	1	6780	2,87	Agosto	1	6700	1,68
	2	7000	2,46		4	3400	3,75
	3	6800	2,16		5	4900	2,79
	4	7500	1,60		6	4900	3,43
	7	5700	2,89		7	4760	2,37
	8	8800	2,18		8	6500	2,53
	9	10780	3,35		11	2380	2,93
	10	7700	2,44		12	2700	3,61
	11	8600	1,53		13	5300	2,51
	14	5180	3,68		14	4800	1,77
	15	7400	3,42		15	8800	2,11
	16	6660	2,57		18	2100	3,78
	17	7000	2,31		19	4680	2,63
	18	8000	1,98		20	5800	1,67
	21	3400	2,35		21	6200	3,09
	22	4240	2,64		22	5800	2,30
	23	4400	2,60		25	3700	4,11
	24	4300	2,26		26	5000	2,98
	25	5600	2,23		27	3780	2,78
	28	3100	2,69		28	4800	2,85
	29	4300	3,39		29	5800	2,60
	30	5100	2,47				
	31	3480	1,53				

Tabela A3.5: Produção de gordura de mamíferos em Setembro e Outubro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Setembro	1	3000	3,87	Outubro	1	4700	4,16
	2	5200	2,46		2	5200	1,93
	3	5700	2,76		3	5000	2,95
	4	6000	2,05		6	2140	2,95
	5	5900	1,53		7	5600	2,96
	8	2180	3,34		8	4280	2,99
	9	4900	2,27		9	5600	2,06
	10	5000	2,60		10	5400	1,91
	11	6400	1,97		13	2600	3,68
	12	4060	1,63		14	5900	2,35
	15	2600	2,42		15	2600	3,21
	16	3900	3,10		16	5680	2,35
	17	5500	2,24		17	6500	2,31
	18	5500	2,32		20	2600	4,39
	19	6400	1,73		21	4900	2,25
	22	2540	3,19		22	3600	2,39
	23	5100	3,09		23	6000	3,59
	24	3600	3,00		24	5000	2,23
	25	5900	3,06		27	3300	2,57
	26	5700	2,23		28	3800	2,07
	29	4100	3,10		29	4800	2,99
	30	1040	6,72		30	6900	2,68
					31	5100	1,80

Tabela A3.6: Produção de gordura de mamíferos em Novembro e Dezembro de 2015 pela Savinor UTS.

Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)	Mês	Dia	Produção (kg)	Acidez (%)
Novembro	3	3680	2,89	Dezembro	1	5660	2,33
	4	4500	3,54		2	4900	2,95
	5	3800	5,85		3	9900	1,28
	6	4200	3,27		4	7800	1,48
	7	6800	2,11		5	5500	2,37
	10	3600	3,95		8	7500	2,86
	11	3740	3,25		9	0	-
	12	3400	2,73		10	4800	2,53
	13	5800	1,77		11	4800	1,59
	14	6700	2,26		12	8400	2,55
	17	3200	2,11		15	5520	3,46
	18	4760	2,64		16	5700	2,57
	19	4500	4,01		17	5800	2,76
	20	5400	2,98		18	4300	2,00
	21	6000	2,51		19	11600	1,75
	24	2000	3,49		22	5400	2,62
	25	4760	3,14		23	8640	2,62
	26	5900	2,27		24	10300	1,48
	27	4600	5,68		25	6100	1,47
	28	6300	3,09		26	0	-
					29	2620	4,06
					30	5940	2,62
					31	7900	1,25